



PREVENCIÓN, LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE AVERÍAS EN EL MOTOR MARINO MAK 9M25

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS



AUTOR: ABDELHAK EL HAJOUÏ ZAROILI

DIRECTOR: MANUEL RODRIGUEZ CASTILLO

CURSO 2015/16

Índice

Abstract	3
Agradecimientos	5
1. Introducción	6
2. Diferenciación entre motores marinos	9
2.1. Según el tipo de combustible	9
2.2. Según el modo de trabajo	12
2.3. Según la disposición cilindros.....	15
2.4. Según la distribución o disposición de válvulas	17
2.5. Según el tipo de inyección.....	19
2.6. Según el encendido	21
2.7. Según el tipo de refrigeración	23
2.8. Según el modo de lubricación	26
3. Los motores diésel.....	27
3.1. Ciclos de trabajo y rendimientos.....	28
3.1.1. Diagramas teóricos.....	28
3.1.2. Ciclos teóricos y ciclos reales	32
3.1.3. Análisis de un ciclo y su rendimiento térmico.....	34
3.2. Ciclo Diésel teórico y cálculo del rendimiento térmico.....	35
3.3. Ciclo práctico	38
4. Buque ESPERANZA DEL MAR.....	41
4.1. Introducción	41
4.2 Zona de operaciones	43
4.3 Sala de máquinas.....	44
4.3.1. Zona de MMPP	45
4.3.2. Zona MMAA.....	67
4.3.3. Zona de depuradoras	78
4.3.4. Zona de compresores de la instalación frigorífica, hidróforos y planta séptica	83
5. Motores principales: MAK 9M25	88
5.1. Preparación para la puesta en marcha	88
5.2. Arranque del motor.....	90
5.3. Cuidados durante la marcha del motor	92
5.4. Después de parar el motor	96
6. Averías del motor MAK 9M 25	97
6.1. El motor no arranca.....	97
6.2. Se oyen golpes al arrancar	111

6.3. El motor emite mucho humo en el escape	114
6.4. Escape con humo blanco	117
6.5. Gases de escape azules	130
6.6. Marcha irregular.....	132
6.7. El motor se para por sí solo.....	140
6.8. Excesiva presión diferencial del filtro al arrancar/preengrase	143
6.9. El motor no alcanza las revoluciones máximas y/o la carga total.....	147
6.10. Gas de escape turbio / el motor hace hollín	156
7. Otras averías en la sala de máquina del Buque	157
7.1. Motor auxiliar nº 2 no arranca	157
7.2. Depuradora nº2 de gasoil no entra en funcionamiento	159
7.3. Olor a humo en la zona de MMPP	160
8. Servicio de emergencia	162
8.1. Falla del turbocompresor	162
8.2. Servicio de emergencia con motor principal.....	163
8.3. Vigilancia del motor durante la falla del turbocompresor.....	163
8.4. Temperatura del aire de sobrealimentación en el caso de fallo del turbomotor.....	163
8.5. Terminación del servicio de emergencia	163
8.6. Servicio con fallo	164
8.6.1. Fallo del encendido	164
8.6.2. Fallo total.....	165
8.7. Medidas con respecto al servicio de emergencia	166
9. Conclusiones.....	169
10. Bibliografía	171
Índice de abreviaturas.....	172
Índice de imágenes.....	174
Índice de figuras	177

Abstract

Este proyecto nace de las prácticas realizadas como alumno de máquinas a bordo del buque Esperanza Del Mar, del Instituto social de la marina. En él se lleva a cabo el estudio, generalmente, de la sala de máquinas y, más específicamente, de los motores principales de esta embarcación.

El primer objetivo es definir todos los elementos y sistemas, existentes en de la sala de máquinas, que tengan relación con los motores principales. Para así mejorar la contextualización de las diferentes averías que se tratan. De esta manera, poder entender mejor los problemas que surgen y ser capaces de hacer razonamientos teniendo en cuenta todos los sistemas, ya que, las averías del motor no sólo se producen en su interior. Sino que puede haber algún elemento externo que debido a su avería, que falle el motor también. Por este motivo, se ha decidido tratar los elementos externos primero y posteriormente los internos.

Por lo que hace a las averías, se ha querido establecer un orden a la hora de tratarlas, y el orden es este caso consiste en: empezar definiendo el proceso de preparación de la máquina para entrar en funcionamiento, a continuación, el arranque y los cuidados mientras este esté en funcionamiento y comprobaciones que se deben hacer tanto antes, como durante el funcionamiento y después de la parada. Para así, poder entrar finalmente a tratar las averías del motor y saber contextualizarlas.

Aquest projecte neix de les pràctiques realitzades com alumne de màquines a bord del vaixell Esperanza Del Mar, de l'Institut social de la marina. En aquest, es duu a terme l'estudi de la sala de màquines y els seus diferents elements, generalment i més específicament, del motors principals per a la propulsió del vaixell.

El primer objectiu fixat ha sigut definir els diferents elements, per així, quan tractem una avaria i algun d'aquests elements tingui que veure amb la fallida, ho sabrem i es podrà entendre amb facilitat. D'aquesta manera es podran fer raonaments tenint en compte tots els aspectes possibles, tant els interns del motor com els externs que hagin pogut ocasionar l'avaria. Això es així perquè no només els elements del interior del motor poden provocar la fallida total del mateix, sinó que hi ha sistemes externs que si fallen, poden provocar resultats desastrosos. Per això mateix s'ha decidit tractar els elements externs primer i posteriorment els interns de la màquina.

Pel que fa a les avaries, s'ha volgut establir un ordre alhora de tractar-les, i l'ordre en aquest cas, consisteix en: primerament definir el procés de preparació de la màquina per posar en funcionament al motor, a continuació, l'arrancada i durant el temps que el motor està arrancat, fins que s'atura i tornem a parlar de coses que s'han de fer al motor i precaucions que s'han de prendre tant abans d'arrancar, com durant el funcionament i després de la parada. Per poder entrar finalment en les avaries del motor i saber contextualitzar-les.

Agradecimientos

Las primeras personas a las que les quiero agradecer de corazón su apoyo incondicional y su compromiso con todo el proceso, tanto de elaboración del proyecto, como con estos años de grado, son mis padres, ya que sin ello nada hubiera sido posible.

En segundo lugar, mi más sincero agradecimiento al personal de la máquina del buque Esperanza del Mar, por su apoyo y en especial, al jefe de máquinas David León Rodríguez, por su paciencia y su tiempo a la hora de explicar los diferentes sistemas y cuestiones que he ido preguntando.

Luego, al jefe de máquinas, Valentín Pérez Díez y al primer oficial de máquinas, Benito Sampedro, por su dedicación y por su profesionalidad.

Y, finalmente, a mi director de proyecto, Don Manuel Rodríguez Castillo, por sus consejos para poder conseguir el presente proyecto.

1. Introducción

La navegación marítima existe desde hace más de 50 siglos, pero no se ha mantenido igual sino que ha avanzado de manera muy importante a nivel de diseño y propulsión ya que con las embarcaciones que existían en los inicios era de extrema dificultad transportar un número considerable de personas, de manera que ni se planteaban el transporte de mercancías en las cantidades que se transportan en la actualidad.

La propulsión es una de las partes más importantes de una embarcación ya que, en caso de falla, el buque no podría navegar. Por lo tanto, los avances en este sistema son muy importantes para la navegación y para el planteamiento de según qué rutas o transporte de mercancías.

Antes de que se optara por sistemas mecanizados, hubo varias ideas como son las velas y los remos, entre otras.

Cuando se optó por la propulsión mecanizada, se necesitaban dos componentes muy importantes para que esta fuese posible:

“Un elemento que tenga energía calorífica (combustible) y que esta pueda ser transformada en energía mecánica y así provocar la propulsión”

Podemos diferenciar entre los siguientes tipos de combustible:

- **Combustible fósil**: La transformación de energía calorífica en mecánica se hace de una de las siguientes 3 maneras:

1. Se quema el combustible en un recipiente (caldera), donde la energía calorífica se transfiere al agua que contiene. Este genera vapor, el cual, a su vez, actuando sobre una turbina de vapor, produce el trabajo mecánico para accionar el propulsor



Imagen 1: Extracción de combustible fósil

2. Se quema directamente el combustible en el interior de la máquina que produce el trabajo mecánico, como es el caso de los motores, de donde proviene el nombre de máquinas de combustión interna.
3. Quemando el combustible directamente en una zona o cuerpo de la máquina y aprovechando el flujo de gases para mover una turbina que

forma parte de la misma máquina y es la que efectúa el trabajo mecánico. Como es el caso de las turbinas de gas.

- **Combustible nuclear:**

- En este caso la energía se libera al someter el núcleo fisionable al bombardeo de neutrones de baja energía. El proceso produce una liberación de calor, que se utiliza para producir vapor que evoluciona en una turbina para producir trabajo mecánico.



Imagen 2: combustible nuclear

Este trabajo desarrollado por la máquina se utiliza para la propulsión del barco accionando normalmente un propulsor mecánico a través de una línea de ejes que une la salida de la máquina con hélice, que es un tornillo de avance y por lo tanto la traslación del barco.

En muchas ocasiones el número de revoluciones al que la máquina en sí tiene su óptimo rendimiento es muy distinto del que requiere el propulsor y por ello en esos casos hay que interponer entre ambos una unidad que haga compatibles esos dos regímenes diferentes. Este elemento es el engranaje reductor o más simplemente el reductor, normalmente mecánico, aunque pueda ser también en determinados tipos de instalación, eléctrico o hidráulico.

En la actualidad, podemos diferenciar entre diversos tipos de propulsión:

- **Propulsión a vapor**

Para este sistema propulsivo, se necesitan las calderas para la generación de vapor y, por lo que hace a las máquinas propulsoras, serían turbinas de vapor.

- **Propulsión por máquinas de combustión interna**

La propulsión en estos casos sería con motores diésel de dos o cuatro tiempos, que dependiendo de la velocidad de estos irían acoplados directamente (motores con bajas Rpm.) o engranados (motores con medias y altas Rpm.)

- **Propulsión por turbinas de gas**

Tendríamos las turbinas de gas directamente conectadas a reductoras de engranajes. Si bien la turbina a gas es un motor de combustión interna y su ciclo tiene puntos en común con los ciclos Otto o Diésel, tiene una diferencia fundamental. Se trata (igual que todas las turbinas) de máquina de funcionamiento continuo. Es decir, en régimen permanente cada elemento de ella está en condición estable.

- **Propulsión nuclear**

Los elementos en este caso particular serían: un generador de vapor (reactor atómico PWR) y como sistema propulsor tendríamos turbinas de vapor de características especiales.

2. Diferenciación entre motores marinos

En la actualidad podemos hacer 8 diferentes tipos de clasificaciones de los motores existentes, según:

1. El tipo de combustible
2. El modo de trabajo
3. La disposición de cilindros
4. La distribución o disposición de válvulas
5. El tipo de inyección o “alimentación”
6. El encendido
7. La refrigeración
8. El modo de lubricación

2.1. Según el tipo de combustible

En la actualidad la variedad de combustibles existentes para la propulsión hace que podamos diferenciar entre los siguientes tipos:

Motores de gasolina o de explosión

Un motor de explosión es un tipo de motor de combustión interna que utiliza la explosión de un combustible, provocada mediante una chispa, para expandir un gas empujando así un pistón. Hay de dos y de cuatro tiempos. El ciclo termodinámico utilizado es conocido como Ciclo Otto.

El motor de gasolina, también llamado motor Otto, es junto al motor diésel, el más utilizado hoy en día para mover vehículos autónomos de transporte de mercancías y personas.

- Funcionamiento

El funcionamiento de los motores de explosión empieza con la inyección del combustible pulverizado y mezclado con el gas (habitualmente aire u oxígeno) dentro de un cilindro. La combustión total de 1 gramo de gasolina se realizaría teóricamente con, entre 14.7 y 15.1 g de aire, pero como es imposible realizar una mezcla perfectamente homogénea de ambos elementos se suele introducir un 10% más de aire del necesario (relación en peso 1/16), a veces se suele inyectar más o menos combustible, esto lo determina la sonda lambda (o sonda de oxígeno) la cual envía una señal a la ECU. Una vez dentro del cilindro la mezcla es comprimida. Al llegar al punto de máxima compresión (punto muerto superior o PMS) se hace saltar una chispa, producida por una bujía, que genera la explosión del combustible. Los gases encerrados en el cilindro se expanden empujando un pistón que se desliza dentro del cilindro (expansión teóricamente adiabática de los gases). La energía liberada en esta explosión es transformada en movimiento lineal del pistón, el cual, a través de una biela y el cigüeñal, es convertido en movimiento giratorio.

La inercia de este movimiento giratorio hace que el motor no se detenga y que el pistón vuelva a empujar el gas, expulsándolo por la válvula de escape, ahora abierta. Por último el pistón retrocede de nuevo permitiendo la entrada de una nueva mezcla de combustible.

Motores diésel

El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por el autoencendido del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del diésel. Se diferencia del motor de gasolina en usar diésel como combustible. Ha sido uno de los más utilizados desde su creación.

Este tipo de motor es el que se va a estudiar en este proyecto, por lo que se le dedica un apartado más adelante, en el que se detalla el funcionamiento de este motor.

Motores a gas natural

El gas natural como carburante, se usa en los motores de combustión interna al igual que se utilizan los carburantes líquidos como la gasolina o el diésel. Por ahora, ésta es la principal alternativa al petróleo, principal compuesto tanto de la gasolina como el diésel.

Los motores de gas son los equipos con el rendimiento de conversión de energía térmica a eléctrica más elevado en la actualidad y producen mucha menos contaminación de CO₂ (un 14% menos), por eso ya se usan en las llamadas centrales eléctricas de ciclo combinado y también en los coches.

En la cámara de combustión tiene lugar la combustión de gas y aire mezclados. Tienen forma cilíndrica y en su interior existe un pistón móvil que realiza la aspiración del combustible y el aire por un extremo mientras que por el otro extremo cede la energía desprendida en la combustión al eje motor mediante un sistema biela-manivela.



Img.94: Etapas funcionamiento motor gas natural

Motores diésel-eléctricos

La propulsión a través de motores diésel-eléctricos se utiliza desde hace décadas en las aplicaciones marítimas y esto es así debido a que pueden proporcionar un par elevado a baja velocidad, característica existente únicamente en este tipo de motores.

Además, las reservas de energía se pueden compartir con el suministro de los servicios de a bordo del barco, de modo que decrece la potencia total instalada y al mismo tiempo aumenta la fiabilidad. Con esto se puede incrementar la carga útil del barco o conseguir una carga y descarga más eficientes.

Un sistema de transmisión diésel-eléctrico incluye un motor diésel conectado a un generador eléctrico, creando electricidad que alimenta motores de tracción eléctricos y no se requiere embrague. Antes del uso generalizado de los motores diésel, un sistema similar, usando motor de gasolina o incluso turbinas de vapor. Por lo que de forma genérica se llama *transmisión mecánico-eléctrica*.

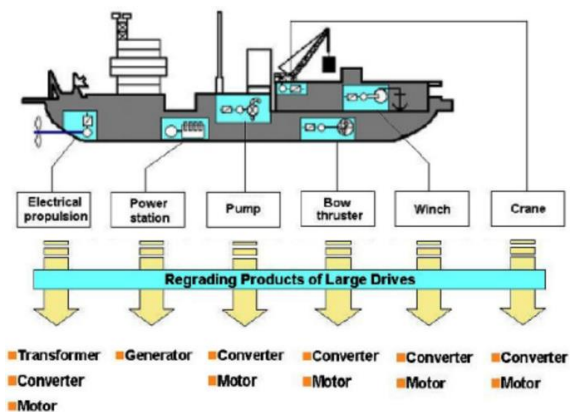


Imagen 3: Esquema buque propulsión diésel-eléctrica

2.2. Según el modo de trabajo

De 4 tiempos

Un motor de explosión con ciclo de 4 tiempos se compone por un cilindro, una biela, un cigüeñal, al menos dos válvulas, una bujía y muchos otros componentes que hacen que todo trabaje de forma coordinada.

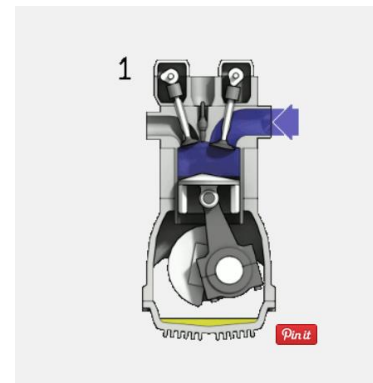
A continuación se explica cada uno de los 4 tiempos del funcionamiento del motor:

1. Admisión

En el primer tiempo una mezcla de gasolina y aire va a entrar en la cámara de combustión del cilindro. Para ello el pistón baja del punto superior del cilindro al inferior, mientras que la válvula (o válvulas) de admisión se abre y deja entrar esa mezcla de gasolina y aire al interior del cilindro, para cerrarse posteriormente.

La gasolina es combinada con aire ya que, de por sí, la gasolina sola no ardería y necesita oxígeno para su combustión. La relación teórica es 1 gramo de gasolina por 14.7-15.1 gramos de aire, pero depende de muchos factores, como por ejemplo de la densidad de ese aire.

Por eso en los motores modernos una sonda lambda examina los gases sobrantes de la combustión e informa a la centralita sobre cómo ha de ser la proporción de la mezcla gasolina/aire a suministrar por los inyectores.



Img.4: ADMISIÓN, motor 4T

2. Compresión

En el segundo tiempo, con el pistón en su posición más baja y la cámara de combustión llena de gasolina y aire, la válvula de admisión se cierra y deja la cámara cerrada herméticamente. La inercia del cigüeñal al que está unida la biela del pistón hará que el pistón vuelva a subir y comprima así la mezcla.

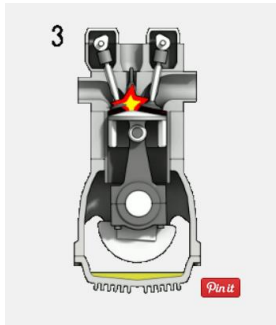
La gasolina y el aire se comprimen dentro de una cámara hermética y, al reducirse de tal manera el espacio, las moléculas chocan entre sí aumentando la temperatura de la mezcla. La gasolina y el aire están listos para el tercer tiempo: la combustión.



Img.5: COMPRESIÓN, motor 4T

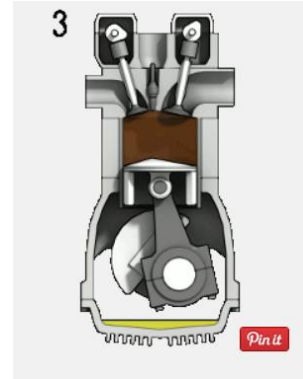
3. Combustión

En el tercer tiempo, con el pistón en su posición más alta y comprimiendo la mezcla de gasolina y aire, es cuando entra en acción la bujía.



Img.6: momento de chispa, motor 4T

Es en este preciso momento, con la mezcla comprimida y a una alta temperatura, cuando la bujía genera una chispa que hace explotar violentamente esa mezcla. La combustión hace empujar el pistón hacia abajo con fuerza y la biela y el cigüeñal se encargan de convertir ese movimiento lineal del pistón, de arriba a abajo, en un movimiento giratorio del cigüeñal.

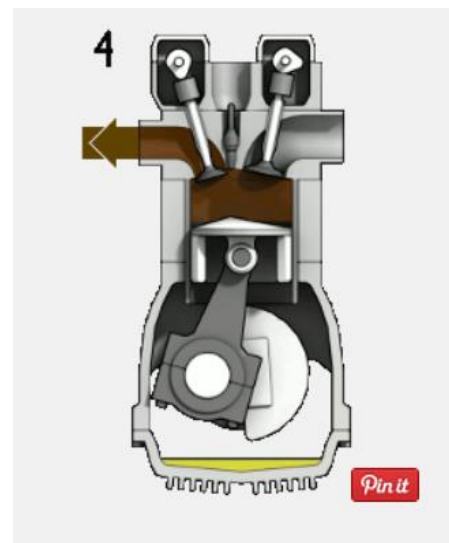


Img.7: EXPANSIÓN, motor 4T

4. Expulsión

En el cuarto tiempo, el último de este proceso y que significará la cuarta carrera del pistón y la segunda vuelta del cigüeñal, el pistón se encuentra en su parte más baja de nuevo y con la cámara de combustión llena de gases quemados productos de la combustión de la gasolina y el aire.

El pistón vuelve a subir en este cuarto tiempo y al hacerlo empuja esos gases hacia arriba para que salgan por la válvula de escape que se abre con el fin de dejarlos salir y volver a dejar la cámara del cilindro vacía. No como durante la compresión, que permanecía cerrada.



Img.8: EXPULSIÓN, motor 4T

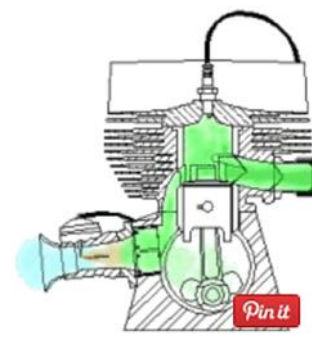
Es ahora, con el pistón de nuevo en la parte superior cuando se inicia el ciclo de nuevo desde el principio. El pistón volverá a bajar mientras que la válvula de admisión se abre y deja pasar una nueva mezcla de gasolina y aire, y así una y otra vez.

De 2 tiempos

El motor de 2 tiempos es, junto al motor de 4 tiempos, un motor de combustión interna con un ciclo de cuatro fases de admisión, compresión, combustión y escape, como el motor 4 tiempos, pero realizadas todas ellas en sólo 2 tiempos, es decir, en dos movimientos del pistón.

En un motor 2 tiempos se produce una explosión por cada vuelta de cigüeñal mientras que en un motor 4 tiempos se produce una explosión por cada dos vueltas de cigüeñal, lo que significa que a misma cilindrada se genera mayor potencia, pero también un mayor consumo de combustible.

Los motores 2 tiempos se han ido sustituyendo por los 4 tiempos dado su carácter más contaminante y, en motos, sólo lo encontramos hoy día en motores pequeños y en algunas motos de enduro o motocross. Un motor 2 tiempos es más sencillo y ligero que un motor 4 tiempos ya que está compuesto por menos piezas, originariamente no utiliza válvulas de admisión y de escape, son más económicos de fabricar y requieren un menor mantenimiento, pero su mayor régimen de giro les provoca sin embargo un mayor desgaste.



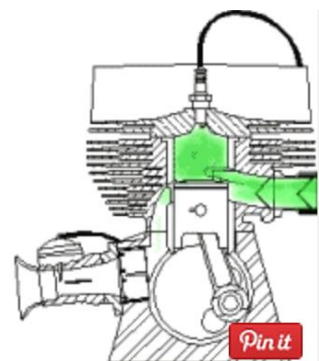
Img.9: ADMISIÓN, motor 2T

La lubricación de un motor 2 tiempos va incluida en la mezcla y junto a la gasolina y el aire se añade aceite, de ahí que al ser quemado sea mucho menos respetuoso con el medio ambiente. Así pues el cárter del cigüeñal está sellado ya que alberga la entrada de la mezcla y las dos caras del pistón entran en acción, la superior para comprimir la mezcla y la inferior para provocar su admisión al cárter. Estos son los pasos de un ciclo 2 tiempos.

1. Admisión – Compresión

En un motor 2 tiempos es el propio pistón el que, con su movimiento, abre la admisión de la mezcla, a la altura del cárter, y el escape de los gases quemados, a la altura de la cámara de combustión.

La admisión y la compresión se realizan al mismo tiempo. En el tiempo 1 el pistón va de abajo a arriba, es decir, desde el cárter hacia la culata. En su desplazamiento succiona la mezcla de gasolina, aire y aceite en su parte inferior, mientras que simultáneamente se encarga de comprimir la mezcla de la admisión anterior en la parte superior.



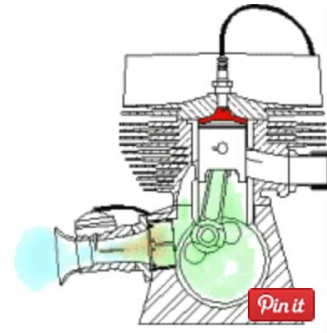
Img.10: COMPRESIÓN, motor 2T

2. Combustión y Escape

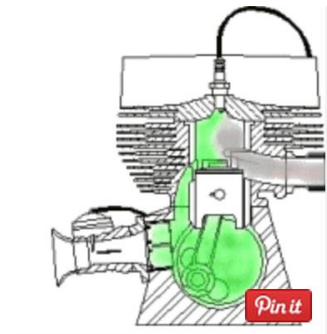
El segundo tiempo comienza con el pistón situado en su punto muerto superior, comprimiendo al máximo la mezcla de gasolina, aire y aceite, lo que hace chocar sus moléculas más rápidamente y aumentar considerablemente la temperatura de la mezcla.

Es en ese momento cuando la bujía genera una chispa que incendia la mezcla provocando su combustión. Esta explosión hace mover violentamente el pistón hacia abajo, transmitiendo el movimiento al cigüeñal a través de la biela, y con ese movimiento deja abierto el escape por donde son liberados los gases recién quemados.

Pero hay más, en ese movimiento descendiente el pistón empuja la mezcla nueva que había entrado en su anterior subida, y al bajar transfiere la mezcla del cárter a la cámara de combustión, preparando así el proceso para volver a comenzar de nuevo en el primer tiempo anteriormente descrito.



Img.11: COMBUSTIÓN, 2T



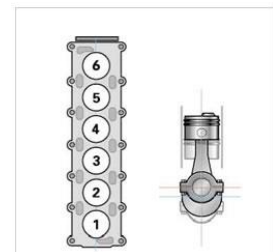
Img.12: EXPULSIÓN, 2T

2.3. Según la disposición cilindros

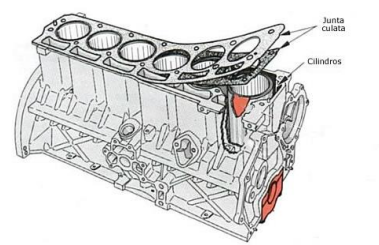
Con cilindros en línea

Los motores en línea, tienen sus cilindros uno a continuación de otro, dispuestos horizontalmente.

Esta disposición se emplea actualmente para motores de cuatro, cinco y seis cilindros. Antiguamente, también se hacían de ocho y hasta de doce, pero resultaban demasiado largos y ocupaban mucho espacio en la carrocería. Los cigüeñales, por su excesiva longitud, eran muy propensos a las vibraciones.



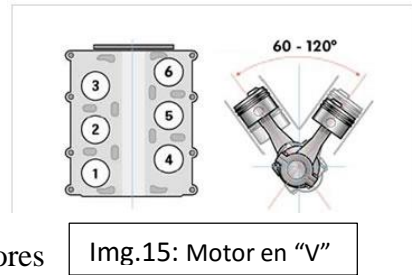
Img.13: Motor en línea



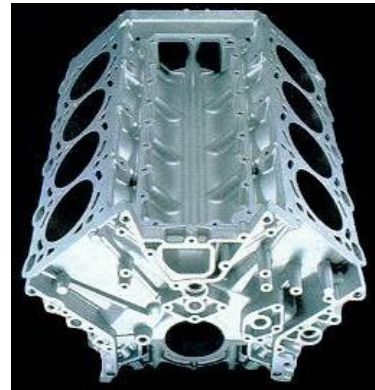
Img.14: Bloque motor en línea

Con cilindros en V

Tiene los cilindros repartidos en dos bloques unidos por la base o bancada y formando un cierto ángulo (60° , 90° , etc.). Se utiliza este motor para 6 cilindros en adelante para turismos y 2 cilindros para motocicletas. Esta forma constructiva es ventajosa para un número de cilindros mayor de 6, ya que es más compacta, con lo cual el cigüeñal, al ser más corto, trabaja en mejores condiciones. Tiene la desventaja de que la distribución se complica ya que debe contar con el doble de árboles de levas que un motor en línea, lo que trae consigo un accionamiento (correas de distribución) más difícil y con más mantenimiento.



En el motor en V los cilindros se agrupan en dos bloques o filas de cilindros formando una letra V que convergen en el mismo cigüeñal. En estos motores el aire de admisión es succionado por dentro de la V y los gases de escape expulsados por los laterales izquierda y derecha (L y R). Se usa en motores a partir de 2 cilindros como es el caso de muchas motocicletas, véase por ejemplo el típico motor Ducati, también existen V4 para motocicletas. En automóviles los V6 suelen ser los más comunes aunque ha habido V4 e incluso V5, ya que acorta la longitud del motor a la mitad. La apertura de la V varía desde 54° o 60° hasta 90° o 110° en función sobre todo del número de cilindros para tratar de homogenizar el par lo máximo posible y anular las fuerzas alternas de segundo orden. Aunque las más habituales son 90° y 60° el motor VR6 de Volkswagen es un V6 de apenas 15° de apertura, lo cual permite reducir ligeramente la longitud del motor (en disposición transversal)



Con cilindros opuestos

Estos motores, también agrupan sus cilindros en dos bloques, que van montados en una bancada común, en la que gira el cigüeñal. Los dos bloques forman entre ellos un ángulo de 180° (ángulo plano) y su disposición es horizontal, también son llamados motores boxer. Esta disposición permite una reducción en la altura que ocupa el motor.



Img.17: Cilindros opuestos

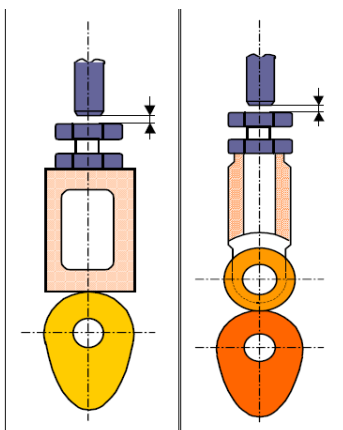
Se aplica principalmente en vehículos donde hay anchura suficiente, pero poca altura disponible, como en los autocares, con motores de seis u ocho cilindros.

2.4. Según la distribución o disposición de válvulas

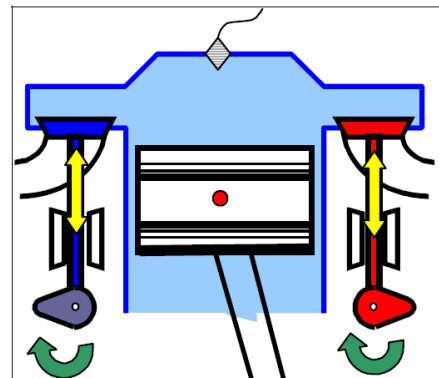
Sistema SV o de válvulas laterales

El sistema SV o de válvulas laterales es el tipo distribución que tiene levas y válvulas situadas al lado del cilindro. Este sistema es muy bueno en el sentido de que reduce al máximo los efectos de la inercia producidos por el movimiento alternativo de los

empujadores, pero en su contra está el gran volumen que requiere en la cámara de combustión, lo que origina bajas relaciones de compresión y, por tanto, poco rendimiento térmico. Debido a esto, en la actualidad prácticamente no se utiliza este sistema.



Img.19: Mecanismos de empuje sistema SV



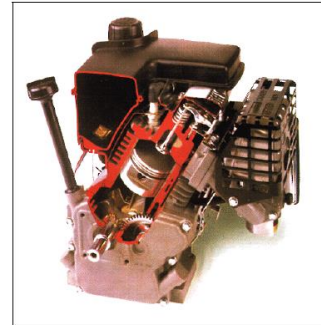
Img.18: Sistema de distribución SV

Entre la leva y la cola de válvula se coloca un empujador o taqué provisto de un tornillo regulador que permite modificar la holgura entre el vástago de válvula y el empujador. A veces el empujador tiene intercalado un rodillo giratorio con el que se consigue un funcionamiento más suave y, sobre todo, un menor desgaste.

Sistema OHV o de levas en bloque y válvulas en culata

Este sistema es el más generalizado debido a su sencillez constructiva y a sus interesantes características de funcionamiento

Como elementos de enlace entre las levas y las válvulas emplean un sistema de empujadores y balancines, como se muestran en la siguiente imagen.



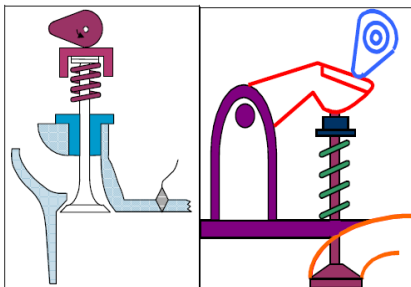
Img.20: Sistema OHV

El empujador o taqué en contacto con la leva, es de forma cilindro hueco dentro del cual se coloca una varilla metálica que sirve de enlace con el balancín, el cual, como una palanca de primer género, tiene dos brazos uno de los cuales recibe el empuje de la varilla y va provisto de un dispositivo de regulación de la holgura que consiste en un tornillo roscado sobre el balancín con una tuerca de fijación.

Sistema OHC o de levas y válvulas en culata

El sistema es el medio más directo de transmitir el movimiento a las válvulas. Pero aunque evita los efectos de la inercia y de holgura, resulta más complejo ya que la colocación de los árboles sobre la culata requiere soportes especiales que dan al motor mayor altura y exigen en su fabricación elementos específicos para accionar la bomba de combustible, la bomba de aceite y el distribuidor del encendido, los cuales, en los sistemas anteriormente descritos, toman el movimiento desde el mismo eje que acciona las levas conocido como árbol.

A pesar de sus inconvenientes, este tipo de distribución reduce al máximo los efectos de inercia en la transmisión, lo que lo hace particularmente apto para motores muy revolucionados.



Img.22: Sistema OHC, mando directo y por semibalancines



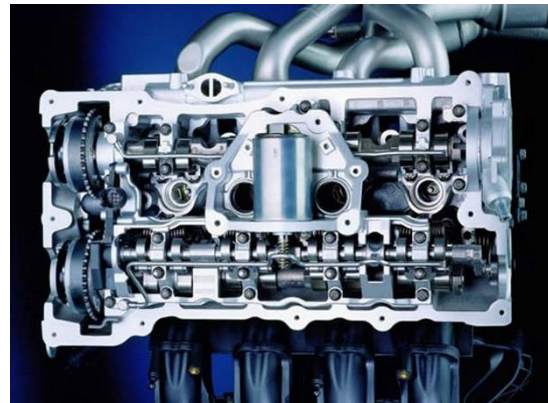
Img.21: Sistema OHC

El accionamiento de las válvulas puede ser por mando directo o por medio de semibalancines, según se presenta en la imagen 22.

El reglaje de taqués u holgura entre el balancín y la válvula se consigue colocando finas láminas de acero hasta conseguir la holgura deseada.

Sistema DOHC o de doble árbol de levas

Las siglas DOHC significan ***Dual Overhead Camshafts***, doble árbol de levas en la cabeza, que pueden accionar 3, 4 o hasta 5 válvulas por cilindro. Para el caso de cuatro cilindros se podría hablar de 16 válvulas, cuatro válvulas por cilindro o en uno de 6 cilindros un ***DOHC*** de 24 válvulas.



Img.23: Sistema DOHC

2.5. Según el tipo de inyección

Básicamente, existen **dos maneras de colocar los inyectores**, que son las más usadas:

Inyección directa

Este sistema inyecta directamente el combustible en la cámara de combustión. Generalmente, estos inyectores van ubicados en la parte más próxima al bloque del motor, en la zona final de los colectores de admisión. De esta forma entra directamente en la cámara del bloque y es ahí, donde se mezcla la gasolina con el aire. Hoy en día, es el método más usado.

Inyección indirecta

Este sistema ubica los inyectores (no suelen ser más de dos) en el propio colector de admisión. Es importante no confundirlo con el sistema de carburación que, aunque también va alojado en la admisión, no incorpora ningún inyector. Por tanto, el inyector actúa en contacto directo con el aire y entra al bloque en forma de mezcla. Este tipo de sistemas no se usa demasiado en la actualidad, aunque si lo incorporan los **motores de baja cilindrada** como por ejemplo en el Peugeot 108.

Podemos diferenciar, dentro de la inyección, entre motores según el número de inyectores que tengan

Inyección monopunto

La inyección monopunto, hace referencia a los sistemas que utilizan **un solo inyector**. Obviamente, siempre va ubicado en el colector de admisión, pues no puede inyectar directamente en la cámara, porque se necesitaría un inyector por cada cilindro. En resumen, es un sistema de inyección indirecta como el que acabamos de explicar.

Inyección multipunto

En este caso, la inyección multipunto tiene **tantos inyectores como cilindros**. La gran diferencia, reside en que la inyección del combustible puede ser tanto directa como indirecta. Pudiéndose ubicar en la parte final de colector de admisión, para que el flujo vaya directo a la cámara del motor, o colocarse en los colectores de admisión en una zona próxima, en la que se mezcle con el aire antes de entrar en la zona interior donde están los cilindros. Este sistema lo incorporan la mayoría de los vehículos de gama media y alta. Se trata de la opción de inyección directa la más popular.

También podemos diferenciar entre motores, según las veces que se inyecte combustible

Inyección continúa

Como su propio nombre indica, el suministro de combustible se hace **sin pausas**. Solamente se regula el flujo, pero la inyección es constante. Es decir, aunque esté a ralentí el motor, se inyecta una pequeña dosis de combustible.

Inyección intermitente

Este sistema es totalmente electrónico. Funciona en base a las órdenes de la centralita. Los inyectores trabajan de forma intermitente pero, a diferencia de la inyección continua, **puede parar de suministrar** en caso de que el motor no lo requiera. Es el sistema más usado y, a su vez, se divide en tres tipos:

- Secuencial

La inyección intermitente secuencial, inyecta combustible a **cada cilindro por separado**, mediante un control exhaustivo por parte de la centralita, apelando así a la pura eficiencia.

- Semisecuencial

Al igual que la inyección secuencial, la semisecuencial sigue el mismo principio, pero en este caso se hace **de dos en dos**. Es decir, es un motor de cuatro cilindros, suministra el combustible primero a los cilindros uno y dos, seguido de una inyección en los cilindros tres y cuatro (las combinaciones pueden ser variadas).

- Simultánea

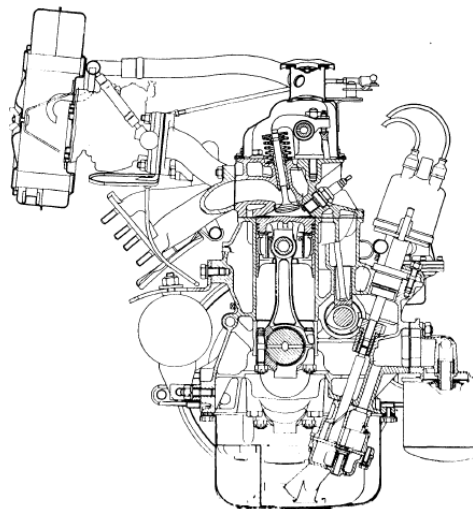
Este último sistema intermitente, es usado en los motores más potentes por norma general. Utilizando las ventajas del sistema intermitente, en este caso, la inyección se realiza **sobre todos los cilindros al mismo tiempo**. No se separan, sino que cuando la centralita da la orden de que el motor necesita combustible, estos simplemente esparcen el flujo por todos los cilindros.

2.6. Según el encendido

Por chispa eléctrica

El funcionamiento de los motores que tienen encendido por chispa eléctrica son los motores de gasolina, de manera que el proceso de trabajo consiste en:

- Inyección del combustible mezclado con aire a través de la válvula de inyección
- Compresión de la mezcla hasta llegar al PMS, en ese instante se emite una chispa eléctrica que genera la explosión de la mezcla
- Esta explosión genera una expansión en el cilindro, de manera que el pistón es empujado hasta el PMI
- Debido a la inercia que ha adoptado el cigüeñal, el pistón vuelve a subir hasta el PMS, pero con la válvula de escape abierta en este caso y permitiendo que salgan los gases posteriores a la explosión.



Img.24: Corte motor con encendido por chispa

Por compresión

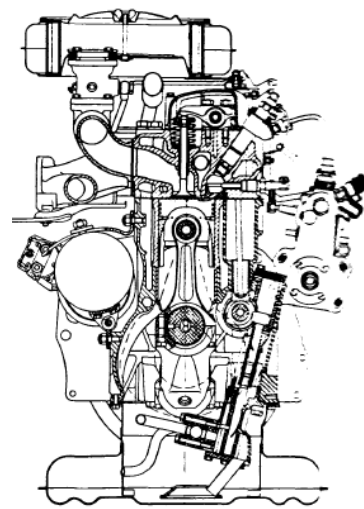
En este caso, los motores que tienen auto encendido, serían, por ejemplo, los motores que utilizan diésel como combustible y el proceso se diferencia del motor de encendido por chispa, que hemos comentado anteriormente, en que no existe ningún tipo de bujía, sino un inyector en su lugar.

La función del inyector es simplemente inyectar combustible en el momento que el aire esté comprimido y la temperatura dentro del cilindro sea tan alta como para provocar la inflamación del diésel. De manera que el proceso de trabajo en este caso sería:

1. Primeramente se inyecta aire por la válvula de inyección y, como mientras la válvula de inyección esté abierta, permite el paso de aire hacia el interior del cilindro, el pistón sigue descendiendo porque cada vez tiene más aire a lo largo de su carrera.
2. En el momento que el pistón llega a su PMI, la válvula de inyección se cierra haciendo del cilindro una zona totalmente estanca. Y en ese momento el pistón empieza su carrera ascendente, gracias a la inercia del cigüeñal, y, cuando llega al punto donde no puede subir más debido a la gran presión ejercida por el aire anteriormente inyectado, se produce la inyección del combustible.

Debido a que el aire se encuentra en un volumen muy reducido, respecto al volumen ocupado en la inyección, la presión y la temperatura son muy altas.

3. Así que en el momento de la inyección de combustible, se produce la explosión, haciendo que el pistón se dirija de nuevo hacia el PMI.
4. Cuando este llega al PMI, se abre la válvula de escape y debido al movimiento del cigüeñal, el pistón realiza el movimiento ascendente sacando todo el gas hacia fuera.



Img.25: Corte motor con encendido por compresión

2.7. Según el tipo de refrigeración

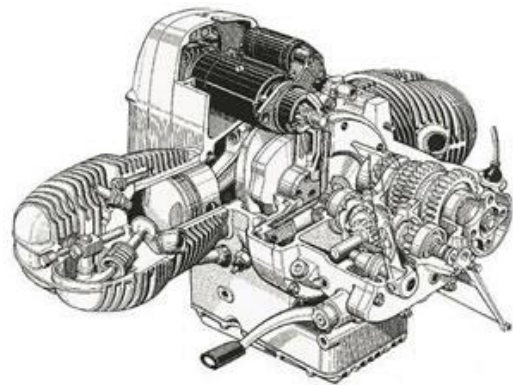
Refrigeración por aire

Este sistema consiste en evacuar directamente el calor del motor a la atmósfera a través del aire que lo rodea. Para mejorar la conductibilidad térmica o la manera en que el motor transmite el calor a la atmósfera, estos motores se fabrican de aleación ligera y disponen sobre la carcasa exterior de unas aletas que permiten aumentar la superficie radiante de calor. La longitud de estas aletas es proporcional a la temperatura alcanzada en las diferentes zonas del cilindro, siendo, por tanto, de mayor longitud las que están más próximas a la cámara de combustión.

La refrigeración por aire a su vez puede ser:

▪ Directa

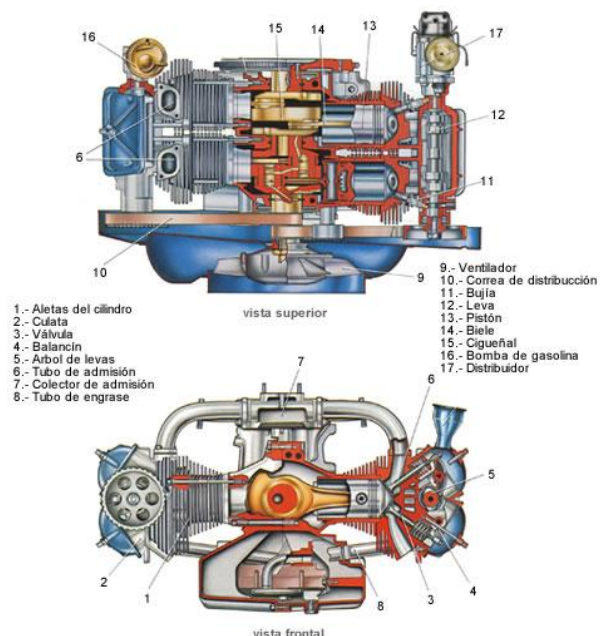
Se emplea este sistema en motocicletas, donde el motor va situado expuesto completamente al aire, efectuándose la refrigeración por el aire que hace impacto sobre las aletas durante la marcha del vehículo, siendo por tanto más eficaz la refrigeración cuanto mayor es la velocidad de desplazamiento. En la figura inferior se puede ver un motor de motocicleta de la marca BMW, con dos cilindros horizontales refrigerados por aire.



Img.26: motor con refrigeración por aire directa

▪ Forzada

El sistema de refrigeración forzada por aire es utilizado en vehículos donde el motor va encerrado en la carrocería y, por tanto, con menor contacto con el aire durante su desplazamiento. Consiste en un potente ventilador movido por el propio motor, el cual crea una fuerte corriente de aire que canalizada convenientemente hacia los cilindros para obtener una eficaz refrigeración aun cuando el vehículo se desplace a marcha lenta. Este sistema de refrigeración fue utilizado por la marca Volkswagen en su mítico escarabajo, también lo utilizó Citroën en su no menos mítico 2CV y GSA.



Img.27: Motor con refrigeración por aire forzada

Refrigeración por agua

Este sistema consiste en un circuito de agua, en contacto directo con las paredes de las camisas y cámaras de combustión del motor, que absorbe el calor radiado y lo transporta a un depósito refrigerante donde el líquido se enfría y vuelve al circuito para cumplir nuevamente su misión refrigerante donde el líquido se enfría y vuelve al circuito para cumplir su misión refrigerante. El circuito se establece por el interior del bloque y culata, para lo cual estas piezas se fabrican huecas, de forma que el líquido refrigerante circunde las camisas y cámaras de combustión circulando alrededor de ellas. La circulación del agua por el circuito de refrigeración puede realizarse por "termosifón" (apenas se ha utilizado) o con circulación forzada por bomba centrífuga.

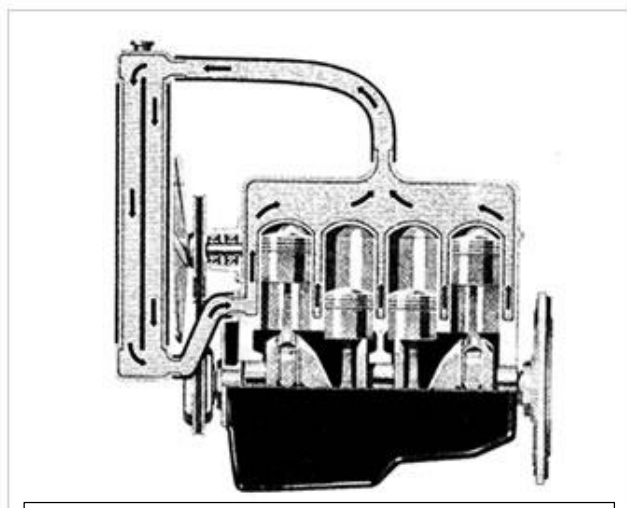
- Circulación del agua por termosifón

Este sistema como se ha dicho antes, no se utiliza desde hace muchos años. El sistema está basado en la diferencia de peso entre el agua fría y caliente, de forma que el agua caliente en contacto con los cilindros y cámaras de combustión pesa menos que el agua fría del radiador, con lo cual se establece una circulación de agua del motor al radiador.

- Funcionamiento

El agua caliente entra por la parte alta del radiador donde se enfría a su paso por los tubos y aletas refrigerantes en contacto con el aire de desplazamiento. El agua fría, por el aumento de peso, baja al depósito inferior del radiador y entra en el bosque, donde al irse calentando va ascendiendo por el circuito interno para salir otra vez al radiador.

La circulación del agua en el sistema es autorregulable, ya que al aumentar la temperatura del motor, aumenta también la velocidad de circulación por su circuito interno, independientemente de la velocidad de régimen del motor.



Img.28: Esquema de refrigeración por termosifón

▪ Circulación de agua por bomba

Este es el sistema mayormente utilizado desde hace muchos años, ofrece una refrigeración más eficaz con menor volumen de agua, ya que, debido a las grandes revoluciones que alcanzan hoy día los motores, necesitan una evacuación más rápida de calor, lo cual se consigue forzando la circulación de agua por el interior de los mismos.

• Constitución y funcionamiento

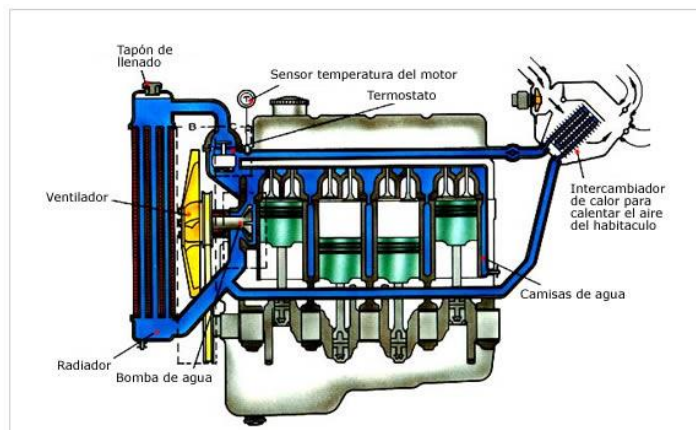
Este sistema tiene una bomba centrífuga intercalada en el circuito de refrigeración y accionada por el propio motor. La bomba centrífuga activa la circulación del agua en su recorrido con una velocidad proporcional a la marcha del motor.

En su funcionamiento, la bomba aspira el agua refrigerada de la parte baja del radiador y la impulsa al interior del bloque a través de los huecos que rodean las camisas y cámaras de combustión. El refrigerante sale por la parte superior de la culata y se dirige

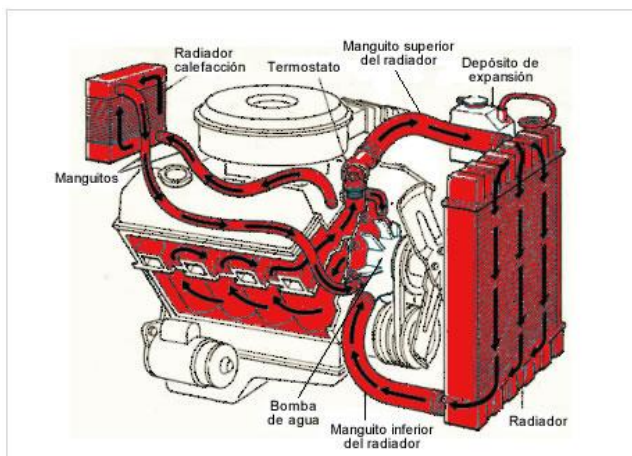
otra vez al radiador por su parte alta, donde es enfriada nuevamente a su paso por los paneles de refrigeración. Con esta circulación forzada, el agua se mantiene en el circuito a una temperatura de 80 a 85 °C, con una diferencia entre la entrada y la salida de 8 a 10 °C, controlada por medio de una

válvula de paso (termostato) que mantiene la temperatura ideal de funcionamiento sin grandes cambios bruscos en el interior de los cilindros, que podría dar lugar a dilataciones y contracciones de los materiales.

El sistema de refrigeración del motor se aprovecha también para la calefacción interna del habitáculo del vehículo. Para ello, se intercala en serie, a la salida del agua caliente de la culata, un intercambiador de calor que trabaja como radiador (Img. 30), calentado el aire del vehículo.



Img.29: Esquema de refrigeración por bomba de agua



Img.30: Esquema de refrigeración de un motor

Como se puede apreciar en las imágenes 29 y 30 anteriores, se dispone también de un ventilador, en este caso movido por el propio motor térmico. Este ventilador, además de forzar el paso del aire a través del radiador para obtener una refrigeración más eficaz del agua sobre todo a marcha lenta, también suministra una corriente de aire al motor para refrigerar los elementos externos adosados al mismo, como son: el alternador, bujías, colectores de escape, etc.

Debido a la utilización del agua y del aire para refrigerar el motor, se le denomina también a este sistema como una refrigeración "mixta".

2.8. Según el modo de lubricación

Motores de cárter húmedo

Este tipo de motores son los más comunes y su sistema de lubricación consiste en un recipiente colocado en la parte inferior del motor donde se deposita el aceite, es filtrado y bombeado de nuevo por todo el interior de éste.

La mayoría de los motores utilizan este sistema de cárter húmedo, en el cual todo el aceite del motor se almacena dentro del cárter del cigüeñal. Una característica nueva que tiene el cárter es la de reforzar la estructura del motor y minimizar los ruidos cuando éstos son hechos de aluminio fundido y no de simple latón.

El inconveniente que tiene este modo de lubricación, aparece durante las maniobras altamente dinámicas tales como el manejo en curvas cerradas, frenado y aceleración en el caso de los coches de carreras, debido a las altas fuerzas G a las que el motor está sometido.

Entonces este tipo de cárter no garantizaría una lubricación confiable, provocando daños en los cojinetes o una falla catastrófica en el motor.

Motores de cárter seco

En este caso, se almacena el aceite del motor en un depósito externo, con el objetivo de poder colocar el motor en una posición más baja y así obtener un mejor centro de gravedad. Lo cual garantiza una perfecta lubricación del motor en situaciones de altas fuerzas G, que en un cárter húmedo retirarían el aceite del área de absorción de la bomba de aceite.

Además de optimizar las capacidades dinámicas del vehículo, por lo que los automóviles de carreras y deportivos de lujo utilizan este sistema de lubricación. También, la aireación del aceite es menor en este sistema debido a que el aceite se expone menos tiempo al viento del cárter del cigüeñal.

El aceite distribuido a los cojinetes, por lo general, es superior al de un sistema de cárter húmedo.

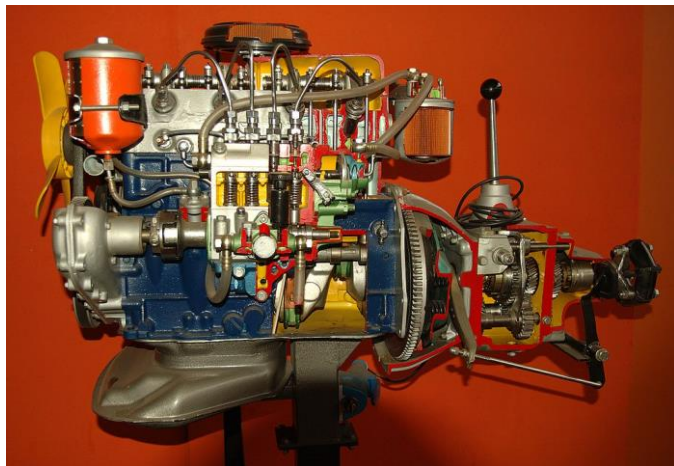
3. Los motores diésel

El enorme y rápido desarrollo del motor diésel no se debe a la gran cantidad de patentes obtenidas ni al formidable ejército de inventores dedicados a su estudio, sino a la superior economía de su funcionamiento comparada con otras máquinas, lo cual ha generalizado su empleo en escala sorprendente. El hecho de que los mejores motores son los contruidos con menor número de patentes y que motores del año 1905, por ejemplo, sigan funcionando con la misma seguridad y consumo que los actuales, demuestran esta afirmación.

El excelente rendimiento total, y por lo tanto la economía en consumo de combustible, es la cualidad de esta máquina. Una instalación del tipo diésel de mediana potencia consume como máximo 200g de combustible por caballo efectivo y hora, cifra que en la que va comprendido el consumo de las auxiliares necesarias para el funcionamiento del o de los motores principales.

Un motor diésel funciona mediante la ignición del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión, sin necesidad de chispa como en el caso de los motores de gasolina.

Este proceso es lo que se llama la autoinflamación.

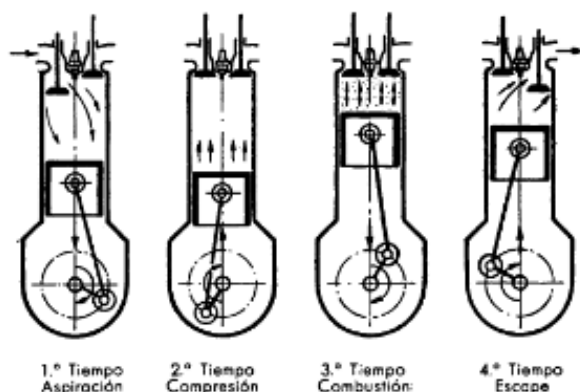


Img.31: Motor diésel con caja de cambios

La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión, que se produce en el segundo tiempo del motor, la compresión.

El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de combustión, a gran presión, desde unos orificios muy pequeños que presenta el inyector. De forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión (entre 700 y 900 °C). Como resultado, la

mezcla se inflama muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo.



Img. 32: tiempos de funcionamiento motor 4T

Esta expansión, a diferencia del motor de gasolina, es adiabática, generando un movimiento rectilíneo a través de la carrera del pistón.

La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento rectilíneo alternativo del pistón en un movimiento de rotación.

3.1. Ciclos de trabajo y rendimientos

A continuación se va a proceder a estudiar el funcionamiento de los motores de combustión interna desde el punto de vista teórico, aplicando a estas máquinas los principios fundamentales de la termodinámica y sirviéndonos de ellos para aclarar las nociones explicadas anteriormente sobre fenómenos que ocurren dentro del cilindro, así como para determinar las diferencias esenciales entre los diversos sistemas de trabajo.

3.1.1. Diagramas teóricos

Motores que aspiran la mezcla combustible

- Cuatro tiempos

Supongamos el cilindro de trabajo representado en la imagen 33, dentro del cual se desliza el pistón haciendo junta estanca con el primero. En el fondo del cilindro hay dos válvulas “S” y “E” para la succión y el escape, respectivamente.

Partiendo de la posición del pistón indicada en la imagen y haciéndolo correr primeramente hacia la derecha, mientras que la válvula de succión “S” se mantiene abierta. Entonces el aire atmosférico mezclado con los gases combustibles entrará por “S” atraído por el vacío que el pistón al correr. La presión en el interior del cilindro, si la válvula “S” tiene dimensión suficiente, será en todo momento la presión atmosférica. En otro caso, la estrangulación que produce la válvula hará que dentro del cilindro exista una presión ligeramente inferior a la atmosférica.

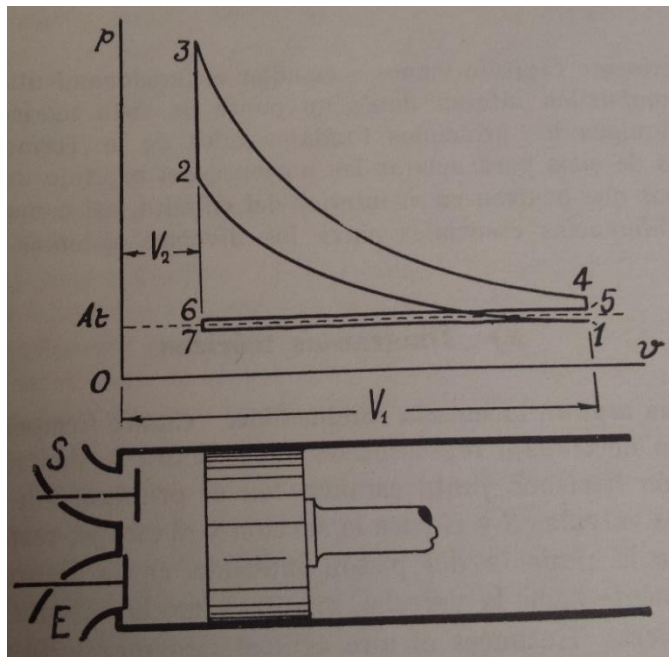
Si en una línea “Ov” paralela al cilindro vamos marcando los volúmenes que engendra el pistón y sobre ella medimos verticalmente alturas que representen, a una cierta escala, la presión que existe en el cilindro para cada posición del pistón, obtendremos un diagrama, es decir, una figura con la que podremos conocer la presión y volumen que había en el cilindro cuando el pistón se encontraba en una determinada posición.

Pues bien; durante el curso de aspiración, como la presión es constante y ligeramente inferior a la atmosférica, las alturas a marcar sobre la línea “Ov” son todas iguales y la curva que une todos estos puntos extremos resulta la recta 7-1 (Img.33).

Una vez el pistón en su punto muerto inferior y con un volumen interior de “ V_1 ” se cierran las válvulas y el pistón vuelve a entrar en el cilindro empujado por su vástago.

El aire y otros gases son comprimidos y su presión aumenta a medida que el pistón avanza, hasta que este llega a su punto muerto donde alcanza la presión final de compresión. La curva del diagrama correspondiente a esta carrera será la 1-2 y la altura del punto 2 sobre la línea “Ov” mide la presión de compresión.

En este momento provocamos la combustión de los gases o vapores comprimidos, lo cual produce una elevación de la temperatura de la mezcla y también la formación de nuevos gases como resultado de la combinación entre los combustibles y el oxígeno del aire con el cual van mezclados.



Ambas circunstancias elevan instantáneamente la presión desde la de compresión (punto 2), hasta la combustión (punto 3).

Img.33: Diagrama p-v de motor 4T

Después, el pistón comienza su curso hacia la derecha; los gases producidos se expansionan empujando al pistón y abandonando su calor. La curva representativa de esta carrera es la 3-4.

Al llegar a su punto muerto inferior se abre la válvula de escape “E”, que comunica con la atmósfera; la presión en el cilindro cae instantáneamente del punto 4 al 5. Al volver a entrar el pistón hacia la izquierda empuja a los gases que aún quedan en el cilindro obligándolos a salir por la válvula “E”.

Como durante todo este curso, se mantiene la comunicación con la atmósfera por conservarse abierta “E”, la presión en el cilindro será constante e igual a la atmosférica si “E” tiene suficiente sección; en otro caso, dicha presión se mantendrá ligeramente superior a la atmosférica a causa del estrangulamiento producido en la válvula de escape. La curva representativa de esta carrera será la recta 5-6.

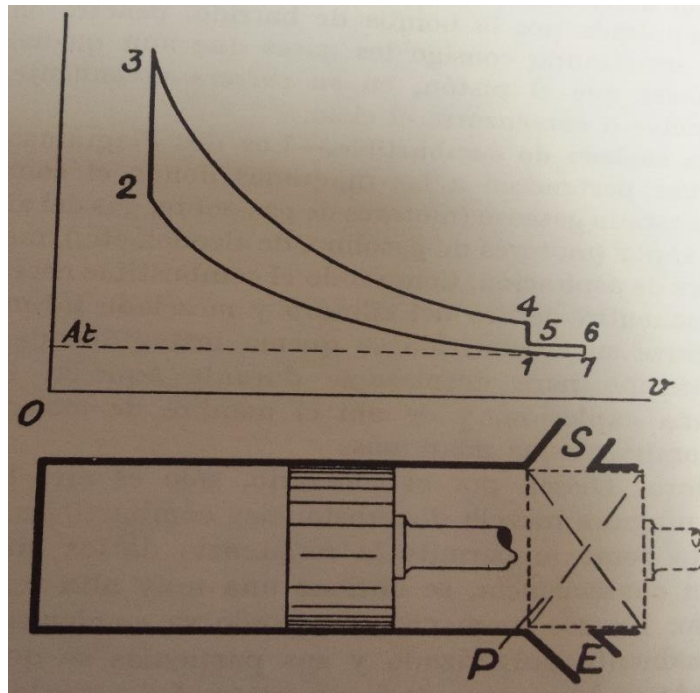
Al llegar el punto 6, la válvula de aspiración “S” abre y el pistón comienza su carrera descendente. La pequeña presión que hay en el cilindro desciende a la presión de aspiración (punto 7) y el ciclo comienza de nuevo.

En la práctica, la presión de aspiración, la de escape y la atmosférica se diferencian tan poco, que, al obtener un diagrama normal con el indicador, apenas se percibe separación entre las líneas 5-6 y 7-1. Para los estudios teóricos se supone que las válvulas tienen un área tal que ambas líneas coinciden.

○ Dos tiempos

En el sistema de dos tiempos las circunstancias son distintas. El cilindro no tiene válvula alguna en la cabeza, como podemos observar en la imagen 34, ya que aquéllas se encuentran reemplazadas por dos lumbreras “S” y “E” para el barrido y escape, respectivamente.

Cuando el pistón va en su carrera ascendente, al pasar por la posición “P” tiene delante de sí una mezcla de aire y gases o vapores combustibles a la presión atmosférica y ocupando un volumen “V1”. A medida que el pistón avanza, la presión se eleva hasta que en el PMS se alcanza la presión de compresión (punto 2).



Img.34: Diagrama p-v, motor 2T

La combustión y la expansión se verifican exactamente igual que en el sistema de cuatro tiempos; pero en el punto 4, antes de llegar el pistón a su PMI, quedan abiertas las dos lumbreras “S” y “E”.

La pequeña presión que aún conservan los gases hace salir a estos por aquellas lumbreras y la presión desciende del punto 4 al 5.

Nueva mezcla combustible entra por “S” impulsada por la bomba de barrido, penetra en el cilindro y escapa por “E” arrastrando consigo los gases que aún quedaban en aquél. Esto ocurre hasta que el pistón, en su carrera ascendente, tapa ambas lumbreras y vuelve a comenzarse el ciclo.

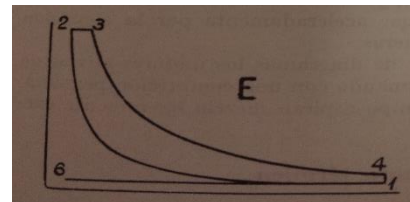
Motores con soplado de combustible

Los dos diagramas que hemos examinado anteriormente, pertenecen a las máquinas donde el combustible entra en el cilindro en estado gaseoso (motores de gas pobre, gas del alumbrado, etc.) o en estado de vapor (motores gasolina, de alcohol, etc.), mezclado íntimamente con el aire de aspiración. Como todo el combustible necesario para cada embolada se encuentra dentro del cilindro y mezclado íntimamente con el aire, al provocarse su combustión se quema instantáneamente sin que el pistón tenga tiempo para desplazarse durante aquélla. La combustión realmente es un explosión, y de ahí el nombre de motores de explosión con que se denominan estas máquinas.

En los motores diésel, por el contrario, sólo es aire lo aspirado por el cilindro, sin ninguna mezcla de sustancias combustibles. La compresión se hace tan alta como lo permite la resistencia de los diferentes órganos mecánicos y, en consecuencia, se obtiene una muy alta temperatura en el aire comprimido. En ese momento es cuando se comienza a introducir el combustible finamente pulverizado y sus partículas se queman a medida que van entrando en la cámara de combustión.

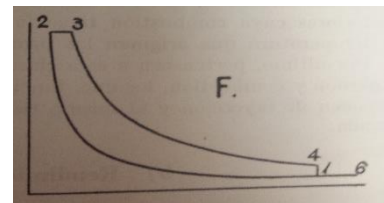
La entrada del combustible se regula con una lentitud tal, que, lejos de producirse un aumento súbito de la presión, se conserva constante durante un trozo de la carrera descendente del pistón.

El diagrama para una tal máquina trabajando según el sistema de cuatro tiempos está representado en la imagen 35. La curva 1-2 corresponde a la fase de compresión del aire puro. En el punto 2 comienza la introducción del combustible hasta que el pistón está bajo el punto 3 en que termina. Las demás fases del ciclo no se diferencian de las explicadas anteriormente.



Img.35: Diagrama sistema 4T

El diagrama de la imagen 36, de un motor diésel trabajando según el sistema de 2T, el cual no se diferencia del anterior más que en la zona referente al escape y barrido.



Img.36: Diagrama sistema 2T

Esta clase de diagramas sólo son realizables en el caso de que el combustible líquido llegue al cilindro en un estado de pulverización finísima y ya mezclado con una pequeña cantidad de aire, de manera que al encontrarse con la alta temperatura de compresión se inflama instantáneamente antes de que nuevas partículas de combustible entren en la cámara de combustión. Esto se consigue bien con la inyección mediante aire comprimido a una presión superior a la final de compresión en el cilindro (soplado de combustible).

3.1.2. Ciclos teóricos y ciclos reales

El fluido operante, cuando pasa por el motor, sufre una serie de transformaciones químicas y físicas (compresión, expansión, combustión, transmisión de calor con las paredes, rozamientos en la masa del fluido y con las paredes, etc.) que crean entre ellas el ciclo de trabajo del motor.

El estudio cuantitativo de estos fenómenos, teniendo en cuenta las numerosas variables que existen, representa un estudio de enorme complejidad. Por ello, corrientemente se simplifica recurriendo a sucesivas aproximaciones teóricas, cada una de las cuales está basada en diferentes suposiciones simplificadas, que tienen una aproximación gradualmente creciente.

Para los ciclos teóricos, las aproximaciones comúnmente empleadas en orden de aproximación a las condiciones reales son tres: ciclo ideal, ciclo de aire y ciclo aire-combustible. A estos ciclos teóricos se comparan en la práctica los ciclos reales, que se obtienen experimentalmente por medio de los indicadores; por esta razón, el ciclo real se llama también ciclo indicado.

Aunque los ciclos teóricos no corresponden a los ciclos reales, constituyen una útil referencia para el estudio termodinámico de los motores, particularmente para comprender cuánto influyen sobre su utilización las condiciones de funcionamiento y para comparar entre sí diversos tipos de motores.

En los ciclos ideales se supone que el fluido operante está constituido por aire y que éste se comporta como un gas perfecto. Para ello, los valores de los calores específicos se consideran constantes e iguales al del aire a las condiciones estándar a 15°C y 1 Atmósfera de presión:

$$C_p = 0.241 \frac{Ca}{kg^{\circ}C}$$
$$C_v = 0.172 \frac{Ca}{Kg^{\circ}C}$$

De donde sacamos que:

$$k \frac{C_p}{C_v} = 1.40$$

- Suponemos que el tiempo de introducción y sustracción de calor está bien determinado según el tipo de ciclo (Otto o Diésel) y que son las únicas fases en las que hay pérdidas de calor.

En esta situación, es normal que los valores de:

- Temperatura
- Presión
- Trabajo
- Rendimiento térmico

Sean más elevados que en el caso real.

El ciclo ideal representa, por tanto, el límite máximo que teóricamente puede alcanzar el motor y permite un fácil estudio matemático basado en las leyes de los gases perfectos. A este ciclo ideal es al que nos referimos al emplear la expresión “ciclo teórico”.

En el ciclo de aire, el fluido operante es también aire, pero se supone que los calores específicos son variables a lo largo de la gama de temperaturas en que se opera.

Las condiciones de introducción y sustracción del calor son iguales a las del ciclo ideal y tampoco hay pérdidas. Como el cálculo de los calores específicos medios es complicado, se usan tablas que directamente los valores del calor y del trabajo, en términos de energía interna y entalpía para los diversos puntos de las transformaciones isoentrópicas del aire. Teniendo en cuenta las variaciones de los valores específicos, se obtienen, para las temperaturas y presiones máximas, valores inferiores a los calculados para el ciclo ideal; de consiguiente, el trabajo y el rendimiento térmico resultan asimismo más bajos, pero, así y todo, son aún mayores que los correspondientes a un ciclo real.

El ciclo aire-combustible es, entre todos los que por lo general se calculan, el más próximo al ciclo real.

En el motor de encendido por chispa, el fluido está compuesto, durante la fase de aspiración, por la mezcla y los gases residuales de la combustión anterior; en el motor de encendido por compresión está formado por el aire y los gases residuales. Después de la combustión, el fluido está constituido por productos en la misma, esto es, una mezcla de CO_2 , CO , H_2O , N_2 . Estos gases tienen un calor específico medio todavía más alto que el del aire; pero, además, se cuenta con un incremento posterior de los calores específicos, a causa de la disociación o descomposición química de las moléculas más ligeras sometidas a la acción de altas temperaturas. El aumento de los calores específicos, así como la disociación que, por ser una reacción endotérmica, absorbe una parte del calor de la combustión, producen un posterior descenso de la temperatura y de la presión máxima en comparación con las calculadas para el ciclo de aire.

Para el cálculo del ciclo aire-combustible se recurre a tablas que contienen datos obtenidos experimentalmente. Incluso para este ciclo se admite no sólo que el calor es introducido y sustraído de manera instantánea, como en el ciclo ideal, sino que no se producen pérdidas de calor.

El ciclo real se obtiene experimentalmente, como ya hemos indicado, por medio de diversos aparatos indicadores, capaces de registrar el diagrama de las presiones en función de los volúmenes, en un cilindro motor en funcionamiento.

El diagrama indicado refleja las condiciones reales del ciclo y, por tanto, tiene en cuenta también – además de las variaciones ya anunciadas para el ciclo de aire y para el de aire-combustible en la comparación de los ciclos ideales – las pérdidas de calor, la duración de combustión, las pérdidas causadas por el rozamiento del fluido, la duración del tiempo de abertura de las válvulas, el tiempo de encendido, así como de inyección y las pérdidas del escape.

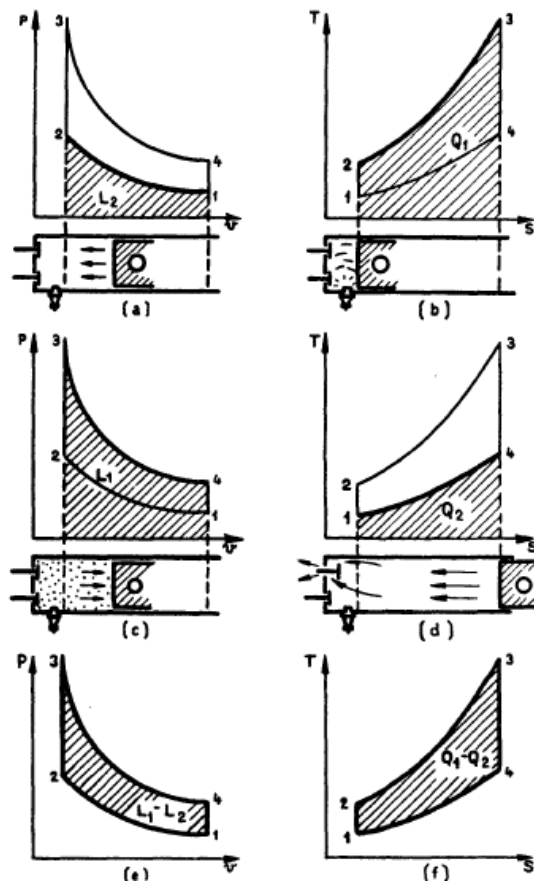
3.1.3. Análisis de un ciclo y su rendimiento térmico

La segunda ley de la termodinámica enuncia que ningún motor real o ideal puede convertir en trabajo mecánico todo el calor introducido en él. Por tanto, solo una fracción del calor suministrado por la combustión será transformada en trabajo; esta fracción representa el rendimiento térmico del motor. En otros términos, el rendimiento térmico ideal η_ε es la relación entre la cantidad de calor transformada en trabajo útil y la cantidad de calor suministrada al fluido.

$$\eta_\varepsilon = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

En la imagen 35 se refiere al caso de un motor de encendido por chispa de 4 tiempos.

En (a) se representa en coordenadas $p - v$ la fase de compresión. Los puntos 1 y 2 corresponden, respectivamente, a los estados del fluido en el PMI y PMS del pistón. El trabajo realizado por el pistón para la compresión del fluido es el trabajo introducido L_2 , el cual está representado por el área rayada comprendida entre las líneas de compresión adiabática 1-2 y el eje de las abscisas. Al final de la compresión, fase (b), se introduce de un modo instantáneo el calor producido en la combustión, puesto que el ciclo es a volumen constante. Esta fase está representada gráficamente en coordenadas $T - S$, y el calor suministrado Q_1 corresponde al área rayada comprendida entre la línea térmica a volumen constante 2-3 y el eje de las abscisas.



Img.35: Motor 4T, con esquemas T-S y P-v

El pistón se mueve, por efecto de la presión del fluido, desde el PMS hasta el PMI. En la parte (c) de la imagen 35, el trabajo L_1 , producido por el fluido activo durante la expansión, está representado, en coordenadas $p-v$, por el área rayada comprendida entre la línea de expansión adiabática 3-4 y el eje de las abscisas.

En este instante sobreviene el escape, otra vez a volumen constante, durante esta fase del ciclo se sustrae el calor Q_2 , mientras la presión desciende del punto 4 al punto 1.

En la parte (d) de la figura, el calor Q_2 está representado, en coordenadas $T - S$, por la superficie rayada debajo de la línea de transformación a volumen constante 4-1.

El trabajo útil $L_1 - L_2$ equivale, por tanto, a la diferencia entre las superficies rayadas en los diagramas (a) y (c) en coordenadas p-v, y corresponde, de consiguiente, a la superficie del ciclo trazado en la parte (e) de la imagen.

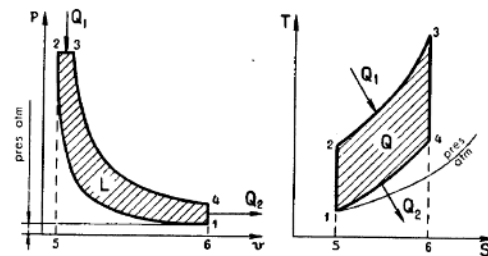
De igual modo, el calor utilizado $Q_1 - Q_2$ viene dado por la diferencia entre las superficies rayadas de los diagramas (b) y (d) en coordenadas $T - S$, y corresponde a la superficie del ciclo rayado en la parte (f). Como el trabajo útil es, evidentemente, igual al calor utilizado, podemos escribir:

$$A(L_2 - L_1) = Q_1 - Q_2$$

De este modo podemos simplificar el cálculo del trabajo útil y del rendimiento término del ciclo usando los valores Q_1 y Q_2 en lugar de L_2 y L_1 .

3.2. Ciclo Diésel teórico y cálculo del rendimiento térmico

En el ciclo teórico de los motores de encendido por compresión, la diferencia fundamental respecto a los del ciclo Otto está en la fase de introducción del calor. En el ciclo Otto, el calor se introduce a volumen constante, mientras en el ciclo Diesel se efectúa a presión constante. Otra diferencia entre ambos ciclos está en los valores de la relación de compresión, la cual varía de 12 a 22 para los motores Diésel, mientras que oscila tan sólo entre 6 y 10 para los motores Otto.



Img.36: Ciclo teórico Diésel en diagramas p-v y T-S

Como se ve en la Img.36, el ciclo Diésel ideal está formado por cuatro líneas térmicas que representa: la compresión adiabática (1-2); la introducción del calor a presión constante (2-3); la expansión adiabática (3-4); la expulsión del calor a volumen constante (4-1). Durante la transformación 2-3 de introducción del calor Q_1 a $P=\text{cte}$, el pistón entra en funconamiento, y, por tanto, el fluido produce trabajo:

$$A L_{1-2} = A \int_2^3 p dv = A(p_3 v_3 - p_2 v_2)$$

Por consiguiente, la ecuación de la energía sin flujo se convierte en

$$Q_1 = (U_3 - U_2) + A(p_3 v_3 - p_2 v_2)$$

Y como la entalpía h del fluido está dada por:

$$h = U + A p v$$

la ecuación se transforma en:

$$Q_1 = h_3 - h_2$$

Por ser el fluido un gas perfecto, podemos emplear, para su variación de entalpía a presión constante, la expresión

$$h_3 - h_2 = C_p(T_3 - T_2)$$

Luego, el calor introducido tendrá que ser el siguiente valor:

$$Q_1 = C_p(T_3 - T_2)$$

Hay que resaltar que en una transformación con introducción de calor a presión constante varía el valor de la entalpía del fluido activo, mientras que en caso de la transformación a volumen constante varía en de la energía interna del fluido.

Como sustracción del calor Q_2 se realiza como en el ciclo Otto, podemos escribir:

$$Q_2 = U_4 - U_1$$

Y como el fluido es un gas perfecto y el ciclo es ideal:

$$Q_2 = C_v(T_4 - T_1)$$

Por tanto, el rendimiento térmico ideal del ciclo Diésel teórico sería:

$$\begin{aligned} \eta_\varepsilon &= \frac{\text{calor suministrado} - \text{calor sustraído}}{\text{calor suministrado}} = \frac{C_p(T_3 - T_2) - C_v(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)} \\ &= 1 - \left(\frac{1}{k}\right) \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \left(\frac{1}{k}\right) \left(\frac{T_1}{T_2}\right) \frac{\frac{T_4}{T_1} - 1}{\frac{T_3}{T_2} - 1} \end{aligned}$$

Para la transformación 2-3 de combustión a presión constante tenemos:

$$\frac{v_3}{v_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

Para las transformaciones adiabáticas 1-2 de compresión y 3-4 de expansión se tiene, respectivamente:

$$T_1 = T_2 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{k-1}$$

$$T_4 = T_3 \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{k-1}$$

De donde:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{k-1}$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \left(\frac{T_3}{T_2}\right) \frac{\left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{k-1}}{\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{k-1}}$$

Y como son $v_4 = v_1$ y $\frac{T_3}{T_2} = \frac{v_3}{v_2}$, se puede escribir:

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{v_3}{v_2} \left(\frac{v_3}{v_2} \right)^{k-1} = \left(\frac{v_3}{v_2} \right)^k$$

Sustituyendo esta expresión en la del rendimiento térmico ideal, resulta:

$$\eta_\varepsilon = 1 - \frac{\frac{1}{k} \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{k-1} \left(\left(\frac{v_3}{v_2} \right)^k - 1 \right)}{\frac{v_3}{v_2} - 1}$$

Indicando con τ' la relación entre los volúmenes v_3 y v_2 al final y al comienzo, respectivamente, de la fase de combustión a presión constante, a la cual daremos el nombre de “*relación de combustión a presión constante*”, y recordando que

$$\frac{v_1}{v_2} = \rho$$

Obtenemos, finalmente, la expresión del rendimiento térmico ideal del ciclo teórico Diésel:

$$\eta_\varepsilon = 1 - \frac{1}{\rho^{k-1}} \left(\frac{\tau'^k - 1}{k(\tau' - 1)} \right)$$

En esta expresión vemos que η_ε es, para el ciclo Diésel, función de la relación de compresión, de la relación de combustión a presión constante y de la relación k entre los calores específicos.

Las expresiones de los rendimientos térmicos de los ciclos Otto y Diésel difieren solamente en el término entre paréntesis, que siempre es mayor que 1 y, por ello, aparece claro que a igualdad de relación de compresión η_ε es mayor para el ciclo Otto que para el ciclo Diésel. Reduciendo τ' , es decir, el calor introducido a presión constante, el rendimiento η_ε del ciclo Diésel se aproxima al del ciclo Otto, con el cual coincide para $\tau'=1$.

3.3. Ciclo práctico

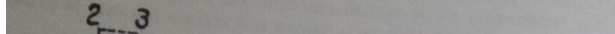
Todos los cálculos que se han comentado hasta el momento sobre el motor diésel, están basadas en las varias hipótesis siguientes:

1. El fluido comprimido es aire puro
2. Su calor específico es constante
3. La compresión y la expansión son adiabáticas
4. La combustión se realiza a presión constante
5. Los gases se expansionan hasta alcanzar el mismo volumen que cuando fueron aspirados
6. Las válvulas de admisión y escape no producen estrangulamiento alguno

En la práctica, no se pueden hacer estas hipótesis por las siguientes razones:

1. El fluido comprimido no es aire puro, si no mezclado con otros gases, de manera que la mezcla posee propiedades diferentes de las supuestas, y principalmente la relación entre los calores específicos a volumen constante y a presión constante no tiene exactamente el valor de 1.4 que hemos supuesto, sino que varía según las circunstancias.
2. Recientes experimentos han demostrado que en un mismo gas el calor específico no se mantiene constante, sino que varía cuando varía la temperatura.
3. La compresión y la expansión no son adiabáticas puesto que por la conductividad de las paredes del cilindro, cabeza y pistón, se realiza un intercambio de calor que altera la suposición de que aquellas transformaciones tienen lugar a calor constante.
4. La combustión no se realiza enteramente a presión constante. Algunas partículas de combustible se inflaman con retraso durante la primera parte de la carrera de expansión.
5. Debido al corto tiempo disponible para el escape, hay que abrir la válvula de escape un poco antes de llegar el pistón al PMI, y por tanto la expansión no se prolonga hasta el mismo volumen de aspiración.
6. Según ya hemos dicho, las válvulas de admisión y de escape estrangulan el paso de los gases y producen una depresión durante la carrera aspirante y una sobrepresión durante el escape.

Por todas estas circunstancias, la evolución de los característicos volumen, presión y temperatura durante la realización práctica de un ciclo difiere algo de la evolución teórica, y el diagrama obtenido sobre la máquina con un indicador no coincide con el que podemos dibujar por el procedimiento que hemos expuesto. En la imagen 37, tenemos superpuesto un diagrama real (dibujado en línea continua) sobre un teórico (dibujado de trazos).

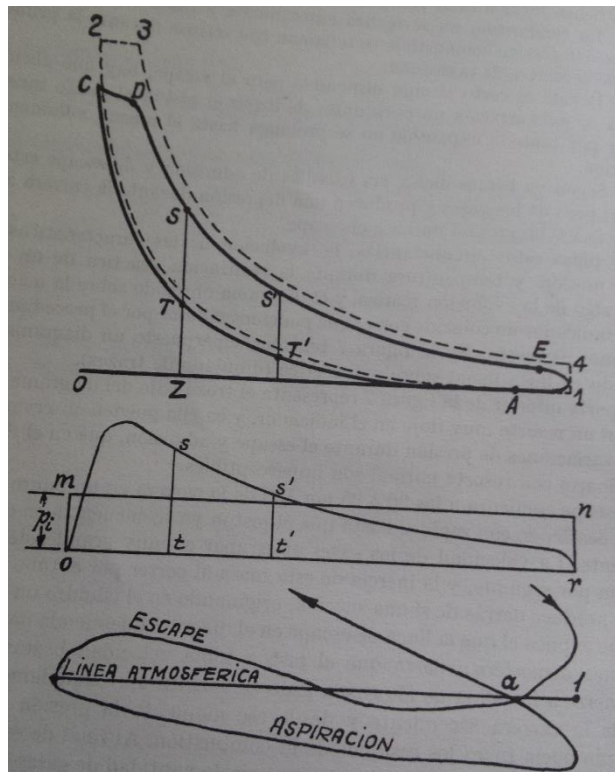


La parte inferior de la imagen 37 representa el trozo bajo del diagrama obtenido con un resorte muy flojo en el indicador, y en ella pueden observarse las ligeras variaciones de presión durante el escape y admisión, que en el diagrama ordinario con resorte normal son imperceptibles.

El escape comienza al 90-95 % de la carrera en un punto E y la presión desciende con rapidez hasta que el pistón ya se encuentra en el curso ascendente. La velocidad de los gases al escapar es muy grande, y la inercia de esta masa al correr por el tubo de evacuación produce detrás de sí, por succión, originando en el cilindro un

relativo vacío que explica el que la línea de escape en el diagrama descienda por debajo de la línea atmosférica hasta que el pistón toma velocidad bastante para sobreponerse a la salida de los gases. Esto se verifica aproximadamente a la mitad de la carrera ascendente y desde ese momento la presión se eleva, empujando hacia fuera los residuos de la combustión. Al final de este curso, la válvula cierra y queda en el cilindro una cierta cantidad de gases ocupando el espacio muerto y con una cierta temperatura.

Durante la aspiración, el aire fresco que entra al cilindro se mezcla con aquella cantidad de gases, modificándose sus propiedades y elevándose su temperatura antes de que comience la compresión. No se conoce la temperatura de los gases residuales que permanecen en el espacio muerto después del escape, pero desde luego puede evaluarse en una cifra superior a la medida en la tubería de escape. En el curso de aspiración, estos gases cederán parte de su calor a las paredes del cilindro que están, de 350 a 400°C más frías, y otra parte al aire que entra. Lo primero es beneficioso para el rendimiento porque al ceder calor, los gases se contraen y la cantidad de aire fresco que puede entrar en el cilindro es mayor; esta ventaja queda compensada con el calentamiento del aire que produce el efecto contrario.



Img.37: Comparación diagramas real y teórico, motor 4T

A causa del estrangulamiento en la válvula, la presión disminuye durante la aspiración; en el diagrama (imagen 37) la línea de aspiración es casi recta e inclinada por debajo de la línea atmosférica. La compresión no comienza, pues, en el punto 1, sino en otro de presión inferior a la atmósfera; la curva de compresión corta a la línea atmosférica en un punto “a” y resulta con la misma forma que si partiera de la presión atmosférica con un volumen dado por el punto “A” correspondiente al “a”.

Así, pues, el estado inicial para el desarrollo del ciclo y que supusimos teóricamente con:

- Presión atmosférica
- Volumen total del cilindro
- Temperatura ambiente

Tiene en la práctica:

- Presión atmosférica
- Volumen inferior al del cilindro
- Temperatura más elevada que la ambiente

La curva de compresión empezando en “A” irá por debajo de la teórica que comienza en “1”. Esta curva difiere también de la teórica en su forma, primeramente a causa de la fuga de aire comprimido por los aros del pistón y los asientos de las válvulas, pues el ajuste de estos elementos no puede hacerse nunca tan perfecto como se supone teóricamente, y en segundo lugar el aire comprimido cederá calor a las paredes refrigeradas del cilindro y la contracción originada mantendrá presiones por debajo de las correspondientes a una transformación adiabática.

El punto “C” final de compresión quedará, pues, por debajo del teórico “2”. La combustión no puede hacerse con la regularidad teórica, ya que la abertura y cierre de la válvula de inyección producen estrangulamiento y trastornos en la entrada de combustible, que se traducen en la deformación del trozo “CD”.

Durante el curso de expansión vuelven a verificarse los fenómenos ya explicados de transmisión de calor a las paredes del cilindro, así como las fugas por las juntas de la cámara de expansión, conservándose la curva de expansión “DE” notablemente por debajo de la teórica.

4. Buque ESPERANZA DEL MAR

4.1. Introducción

El *Esperanza del Mar* es un Buque Sanitario de Salvamento y Asistencia Marítima (B/SSAM), perteneciente al Instituto Social de la Marina (ISM) del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, que forma parte de un programa integral de atención sanitaria desarrollado por su armador.



Img.38: Buque Esperanza Del Mar, desde bote salvavidas



Img.39: Buque Esperanza Del Mar, saliendo a zona de trabajo habitual

marítimo requiere la puesta en marcha de mecanismos sanitarios, asistenciales y preventivos, que traten de atenuar aquellos factores derivados de la singularidad propia del sector, tanto en condiciones de vida, como de trabajo a bordo, y que influyen de manera determinante en la patología común del trabajador del mar y en los índices de accidentalidad del mismo.

Además de ser parte de un programa integral de atención sanitaria a los trabajadores del mar, es un buque de salvamento, asistencial y de apoyo logístico.

De acuerdo con la definición del Organismo Mundial de la Salud (OMS), el programa se asienta sobre una idea global del concepto salud, entendido no solo como ausencia de enfermedad, sino también como un estado de bienestar mental y social. Esta concepción de la salud aplicada al medio



Img.40: Buque Esperanza del Mar, durante su construcción

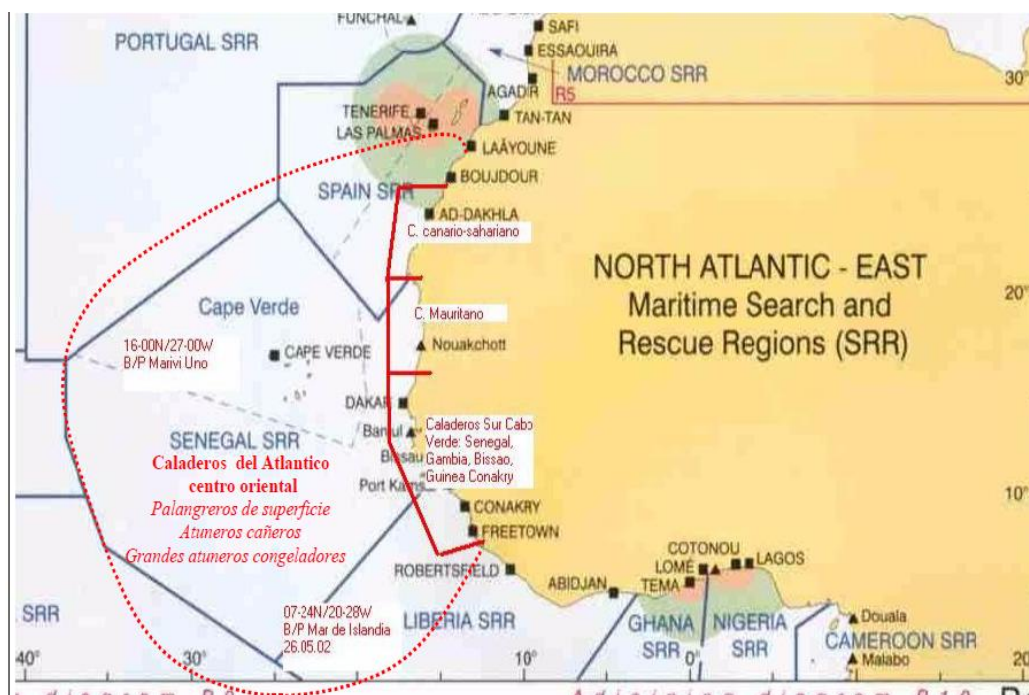
A tal fin, el ISM pone a disposición de los trabajadores del mar, entre otras, las siguientes unidades operativas: el centro radiomédico, los buques sanitarios y de apoyo logístico *Esperanza del Mar* y *Juan de la Cosa*, los centros sanitarios en el extranjero, y eventualmente, otros medios de asistencia médica directa en campañas pesqueras concretas.

El buque *Esperanza del Mar* fue de construcción y diseño específicamente para continuar y mejorar las tareas encomendadas a su antecesor también llamado *Esperanza del Mar*, operando en la costa occidental de África, al sur de las islas Canarias, en diferentes caladeros de pesca en función de la mayor concentración de buques.

El buque fue construido por el astillero de Gijón del grupo Izar para el Instituto Social de la Marina, siendo la entrega oficial del mismo a primeros de septiembre de 2001. En la construcción de este buque, se invirtieron 3.500 millones de pesetas, 2.990 millones para su construcción más los gastos de equipamiento.

El buque *Esperanza del Mar* cumple las exigencias más recientes del convenio SOLAS para buques de pasaje, y está dotado de los medios anticontaminación requeridos por el vigente convenio MARPOL, en lo referente a descargas al mar y a la atmósfera.

4.2 Zona de operaciones



Img.41: Zona de operaciones habitual

- Límite acordado de las Regiones Marítimas de Búsqueda y Rescate (SRR)
- Límites provisionales y unilateralmente declarados SRR.
- - - Límite regional, MRCC
- Límites aproximados donde opera el ESPERANZA DEL MAR, habitualmente.
- - - Límites aproximados donde opera el ESPERANZA DEL MAR, puntualmente.
- Límite operativo aproximado VHF DSC, A1
- Límite operativo aproximado MF DSC, A2
- Límite operativo aproximado HF DSC, A3
- Límite operativo aproximado DSC, A4
- Centro de Coordinación Rescate Marítimo MRCC
- ▲ Subcentro de Coordinación Rescate Marítimo MRSC

El Buque *Esperanza del Mar* opera entre los paralelos 26 y 16 grados norte, y longitudes próximas a la plataforma continental; esto es: bancos canario sahariano, mauritano y caladeros adyacentes de la flota atunera y de palangre de superficie. Su zona de influencia se extiende más allá de estos límites, abarcando la zona de responsabilidad SAR Canarias.

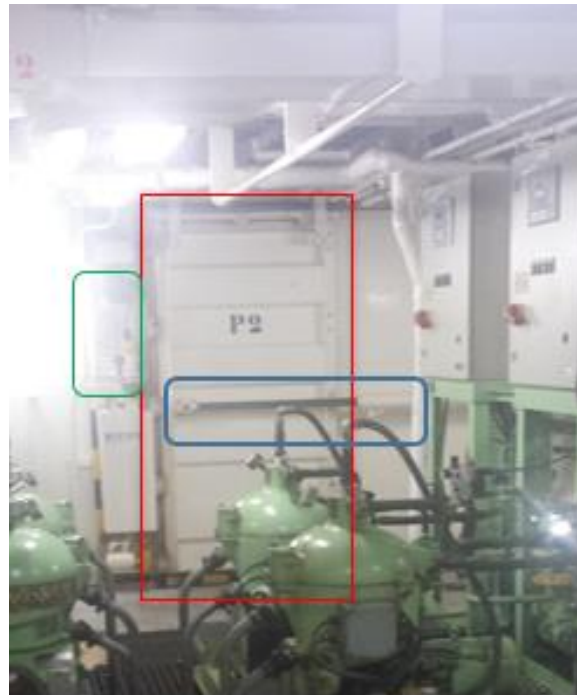
4.3 Sala de máquinas

La sala de máquinas del buque Esperanza del mar, consta de 4 diferentes zonas:

- **Zona de MMPP**
- **Zona de MMAA**
- **Zona de depuradoras**
- **Zona de compresores, hidróforos y planta séptica**

Estas cuatro partes están separadas por unas puertas estancas que evitan el paso del agua en caso de inundación. Estas puertas, durante el atraque en puerto, se mantienen abiertas porque es cuando se hacen la mayoría de los grandes mantenimientos y no representa ningún peligro el hecho de tenerlas abiertas.

En cambio durante la maniobra de salida del atraque, el primer oficial de puente avisa por megafonía que se va a proceder a cerrar todas las puertas estancas que tiene el buque y a partir de ese momento se mantienen cerradas durante todo el tiempo que el buque se encuentre navegando y, al ser el puerto de Las palmas de gran canaria el único en el que atraca, hasta la vuelta.



Img.42: Puerta estanca y sus partes

Estas puertas tienen una palanca de accionamiento en su costado, para que se pueda abrir durante el tiempo de navegación en caso de que haya que acceder a alguna de las zonas.

La presión con la que cierran estas, se encuentra entre 80 y 100 Bar, de manera que, tanto la apertura como el cierre, se hacen a una velocidad muy lenta y el que realiza la acción de abrir o cerrar es el cilindro hidráulico que podemos ver en la imagen.

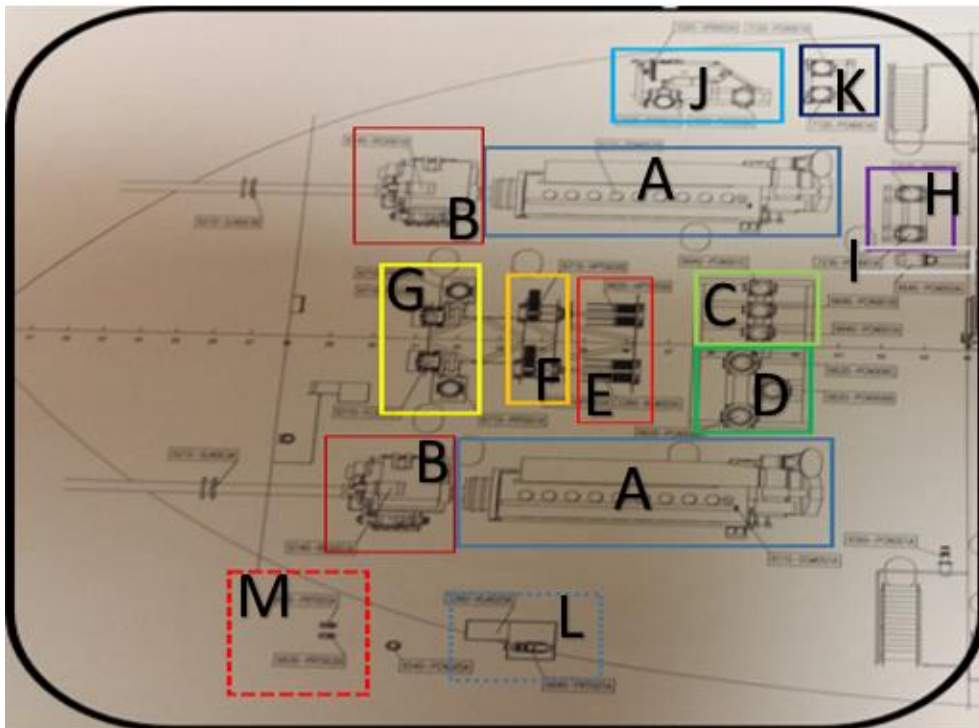
- Puerta estanca
- Cilindro hidráulico
- Palanca que se acciona para abrir

4.3.1. Zona de MMPP

La primera zona de la sala de máquinas que vamos a estudiar, es la zona de MMPP, zona donde se encuentran situados la mayoría de componentes de los sistemas de refrigeración, lubricación y alimentación de combustible.

La zona de MMPP, está situada a popa de la sala de control y tiene acceso desde la cubierta principal o bien a través de la puerta estanca que hay en la zona de MMAA.

En la siguiente imagen se presenta la disposición de los elementos de la zona de motores principales:



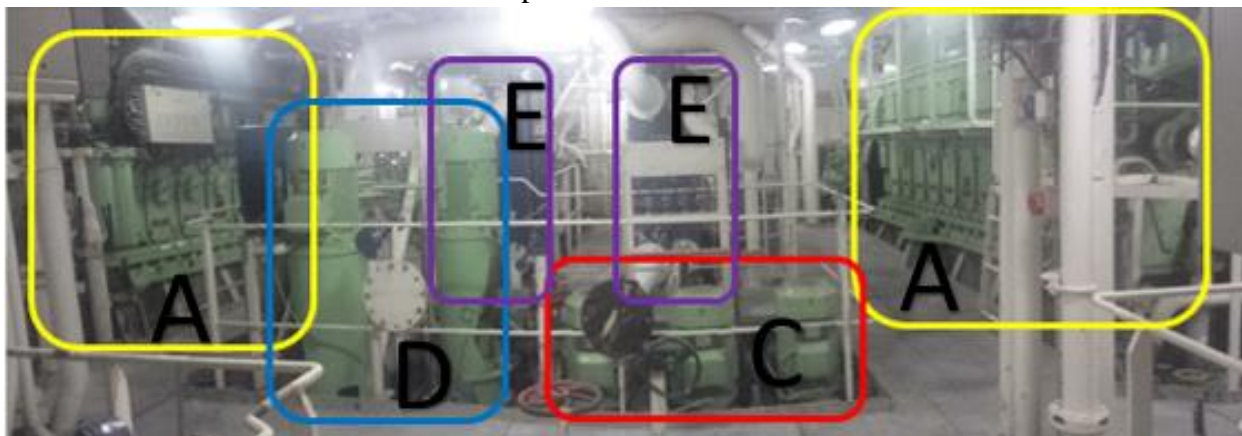
Img.43: Plano de distribución de elementos en zona MMPP

Donde:

- A. Motores principales
- B. Reductoras
- C. Bombas de A/S, para los enfriadores de BT
- D. Bombas de A/D, para los enfriadores de BT
- E. Enfriadores de agua BT
- F. Enfriadores de aceite
- G. Filtros de aceite de los motores de Br. Y Er.
- H. Bombas de lastre
- I. Bomba de circulación de A/S para el eyector del generador de A/D
- J. Separador de sentinas
- K. Bombas C.I. y baldeo

L. Bomba de lodos

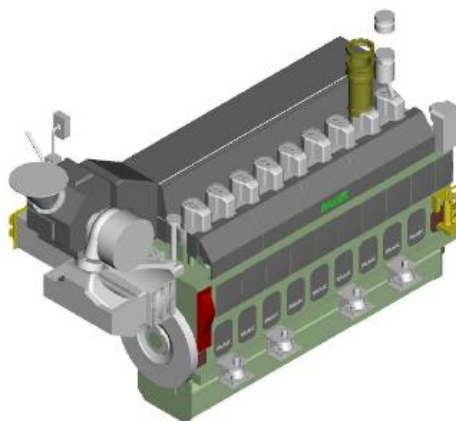
M. Bombas alimentacion D.O. para caldera



Img.44: Foto de la zona de MMPP, de proa a popa

Primeramente, remarcados de color amarillo, tenemos los dos motores principales del buque. Que tienen las siguientes características:

MARCA: MAK
TIPO: 9 M 25
POTENCIA: 2.700 KW a 750 r.p.m./ 3650 C.V.
Diámetro pistón: 255 mm
Carrera: 400 mm
Orden de encendido Br: 1,3,5,7,9,8,6,4,2
Orden de encendido Er: 1,2,4,6,8,9,7,5,3
Nº SERIE Babor: 42.184 (sentido de giro izqda.)
Nº SERIE Estribor: 42.185 (sentido de giro dcha.)



Img.45: Figura 3D, motor MAK 9M25

El buque “Esperanza del mar” dispone de dos MMPP, con su propio eje cada uno, y van directamente acoplados a una hélice a través de su correspondiente eje y reductora.

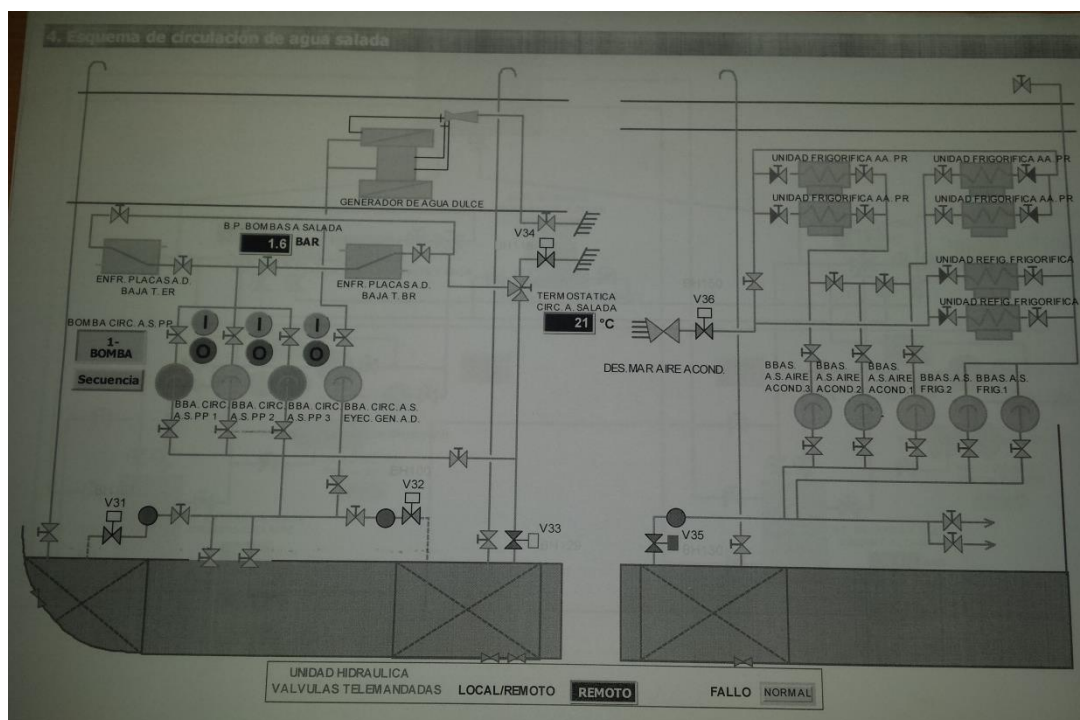
A continuación, de color rojo (Img.44), tenemos las bombas de agua salada, encargadas de proporcionar agua de mar a los enfriadores de placas. Los cuales llevan a cabo la refrigeración del A/D que llega del circuito de refrigeración de BT a través de las bombas que vemos remarcadas de color azul, a la derecha de las bombas de A/S en la imagen 44.

Vista la disposición de las bombas de AD y AS, seguidamente se van a explicar los circuitos de refrigeración tanto de AD como de AS, en los que se verá la función de los dos tipos de bombas que acabamos de definir.

Primeramente vamos a definir las características de las bombas:

CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.	UDS.	MARCA	TIPO	Nº SERIE	Q	W	H.M	AÑO
AGUA DULCE A.Tº MM.PP Nº 1 y 2	2	AZCUE	VM-80/33	238.489/488	60	-	30	2000
AGUA SALADA MMPP Nº 1, 2 y 3	3	AZCUE	/M-EP 125/2/37413/415/41		220	18.5	18	2000

Esquema de circulación de A/S:



Img.46: Esquema de circulación agua salada

El esquema de circulación de AS (Img.46), es la representación del circuito del AS que tenemos a bordo. Pero, se trata de un esquema orientativo, debido a que es el que sale en las pantallas de la sala de control con el objetivo de poder interactuar con las diferentes válvulas y bombas que tenemos representadas en él.

El agua salada a bordo es ser el elemento que enfría, ya que ésta es aspirada directamente desde la toma de mar y, por lo tanto, se encuentra a una temperatura mucho más baja que la de las instalaciones que tenemos a bordo.

Asimismo, lo que podemos ver es que se diferencia entre 2 tipos de refrigeración: la de máquinas y la de la habilitación.

En la zona diestra, o zona de habilitación, tenemos 5 bombas, de las cuales 3 son para el aire acondicionado de la habilitación y 2 para las unidades de refrigeración de las frigoríficas.

Por lo que hace a la refrigeración del circuito de BT, el AS hace la función de refrigerar al AD que proviene de los MMPP y MMAA, a través de unos enfriadores de placas del circuito de baja temperatura.

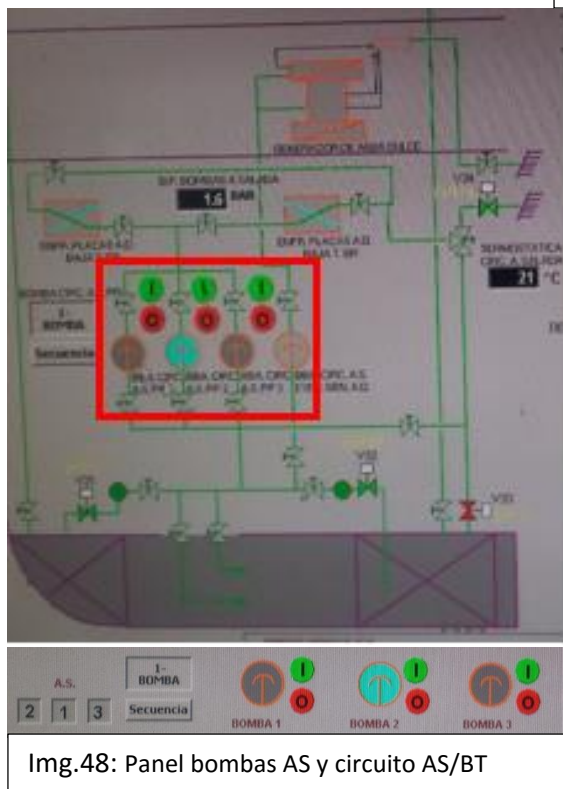
En la parte de la izquierda, del esquema de la Img.48, remarcado de color rojo, nos encontramos con 4 bombas de A/S y de estas 4, 3 son para los enfriadores de placas que refrigeran el A/D procedente de los MMPP y MMAA. Y la otra bomba es la que suministra A/S al generador de agua dulce que tenemos a bordo.

Para el caso de los enfriadores de placas, tenemos 3 bombas que aportan el A/S al circuito desde la toma de mar (Img.47).

El funcionamiento de estas bombas viene definido por una secuencia, que fija el jefe de máquinas según las horas de funcionamiento de cada una y para intentar igualar esta cantidad de horas, en la medida de lo posible, para las tres bombas (secuencia: zona inferior Img.48).



Img.47: Bombas de AS, refrigeración circuito BT



Img.48: Panel bombas AS y circuito AS/BT

El hecho de que exista una secuencia de trabajo significa que la primera es la que tenemos en funcionamiento y la siguiente se encuentra en *stand by*. Asimismo, en el momento en el que se hizo la fotografía, se tenía la bomba número 2 en funcionamiento, y como la secuencia de trabajo es 2 1 3, la siguiente bomba en ponerse en funcionamiento sería la número 1.

Esta secuencia se cumple tanto por el número de horas de trabajo, como por seguridad. En el caso del buque Esperanza del mar, se alternan las bombas mensualmente de manera que así ya se tiene una cantidad similar de horas de trabajo en las bombas. Y por lo que hace a la seguridad, tenemos un presostato que, en caso de una presión demasiado baja, da la

orden para poner en funcionamiento la siguiente bomba a la que le corresponda.

Por ejemplo, si estamos trabajando con la bomba número 2 y esta se avería, deja de suministrar A/S al circuito de refrigeración. El presostato detecta presión demasiado baja, entonces automáticamente pone en funcionamiento la bomba número 1 y la número 3

pasaría a estar en stand by, para que si se para la número 1, por cualquier motivo, entre esta en funcionamiento.

El circuito de refrigeración de los MMPP, consiste en 2 circuitos: Alta temperatura y baja temperatura

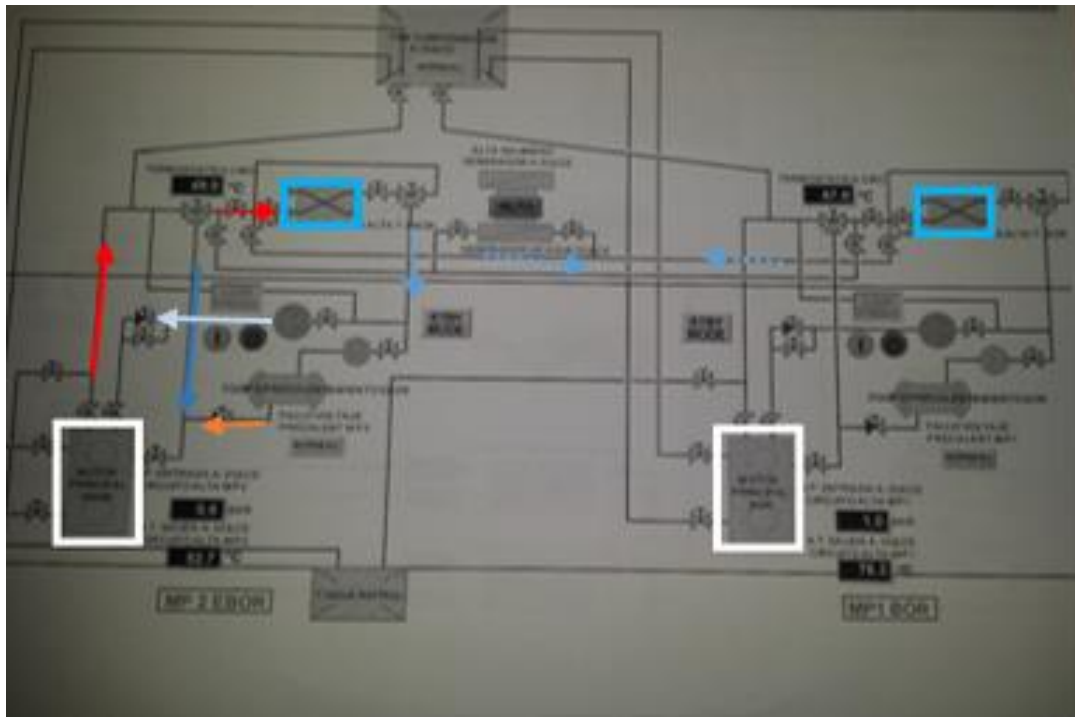
Por lo que hace al circuito de AD, tenemos que diferenciar entre el circuito de alta temperatura y el de baja temperatura.

Para poder explicar los diferentes esquemas de circulación de AD, es importante conocer el proceso de refrigeración de los MMPP. Así que, primeramente vamos a definir los procesos por los que pasa la refrigeración de los MMPP:

1. Refrigeración de camisas y culatas con agua de alta temperatura
2. Refrigeración del agua de AT con agua de BT
3. Refrigeración del agua de BT con A/S

Refrigeración de camisas y culatas con agua de AT

El circuito de alta temperatura es nombrado de esta manera porque, de los dos circuitos, es el que tiene mayor temperatura. Su rango habitual de trabajo está entre los 80-90 °C y su función es llevar a cabo la refrigeración de las camisas y las culatas de los MMPP.



Img.49: Esquema refrigeración AD/AT

En el esquema de la imagen 49, podemos ver las diferentes partes del circuito por el que fluye el agua de AT. De manera que primeramente localizamos los dos MMPP en la parte inferior, remarcados de color blanco. Asimismo, en la parte superior, remarcados de color azul, tenemos los enfriadores de placas de alta temperatura.

Empezaremos el estudio del circuito de AT en los MMPP. De donde saldría el agua a alta temperatura directamente hacia la termostática de AD de AT. Entonces esta mide la temperatura a la que viene el fluido y dependiendo de esta, si sigue a temperatura no considerada alta, se vuelve a dirigir hacia el MP para que vuelva al circuito de refrigeración. En cambio si este fluido supera los 90°C, se envía al enfriador de AT.

Posteriormente, nos volvemos a encontrar con una termostática que, en este caso, decide si reenviarlo al mismo MP del que viene o bien enviar el líquido al circuito de refrigeración del otro MP.

En el caso de reenviarlo al MP del que proviene, tenemos dos opciones. O bien se hace pasar por un precalentador de agua y posteriormente al MP, o bien, sin pasar por el precalentador, directamente a una bomba que lo dirige al MP.

Si pasa por el precalentador o no, depende básicamente de si el motor de encuentra arrancado o no. Ya que, cuando tenemos el motor arrancado, la temperatura del fluido será mayor que cuando lo tenemos apagado, de manera que en el segundo caso necesitaremos que se precaliente para mantener el circuito a la temperatura adecuada para que, en caso de tener que arrancar, el sistema esté preparado.

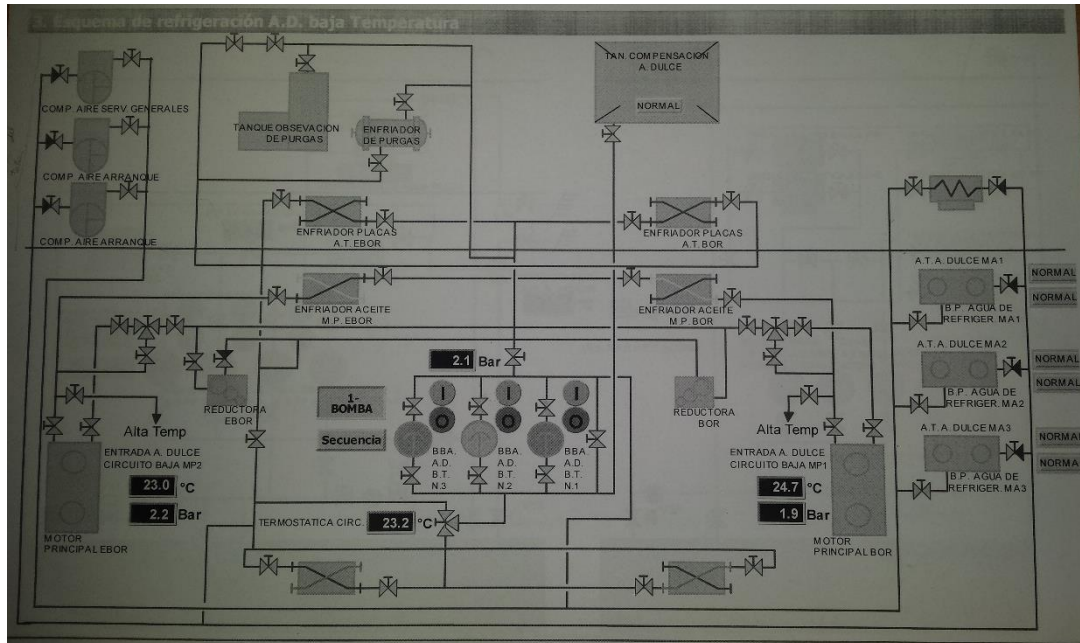
En la imagen 50 se pueden ver los enfriadores de placas de AT y observamos que el tamaño es relativamente pequeño, en comparación con los enfriadores de BT del buque. Esto es porque este circuito lleva a cabo la refrigeración de la zona de culatas y camisas, de manera que la cantidad de fluido que necesita para hacer su función es relativamente pequeña. A parte de que se mantiene a cierta temperatura, es decir, el objetivo de los enfriadores de placas de AT no es enfriar al máximo el fluido, sinó bajarle relativamente la temperatura, pero manteniendolo dentro de unos parámetros para que pueda realizar su función de manera adecuada.



Img.50: Enfriador de placas AT

Refrigeración del aire de sobrealimentación con agua de BT

Conocido popularmente por la refrigeración del aire de barrido, pero técnicamente se trataría de un concepto mal nombrado de esta manera porque el aire de barrido es el que nos encontramos en los motores de 2 tiempos, pero en este caso, al ser de 4 tiempos el motor, se trata de aire de sobrealimentación.



Img.51: Esquema de refrigeración AD/BT

El circuito de refrigeración del AD/BT es un circuito que lleva a cabo 2 funciones a la vez.

La primera es la refrigeración de los enfriadores de placas de AT, con el agua del circuito del BT. Y la segunda, es llevar a cabo la refrigeración del aire de sobrealimentación.

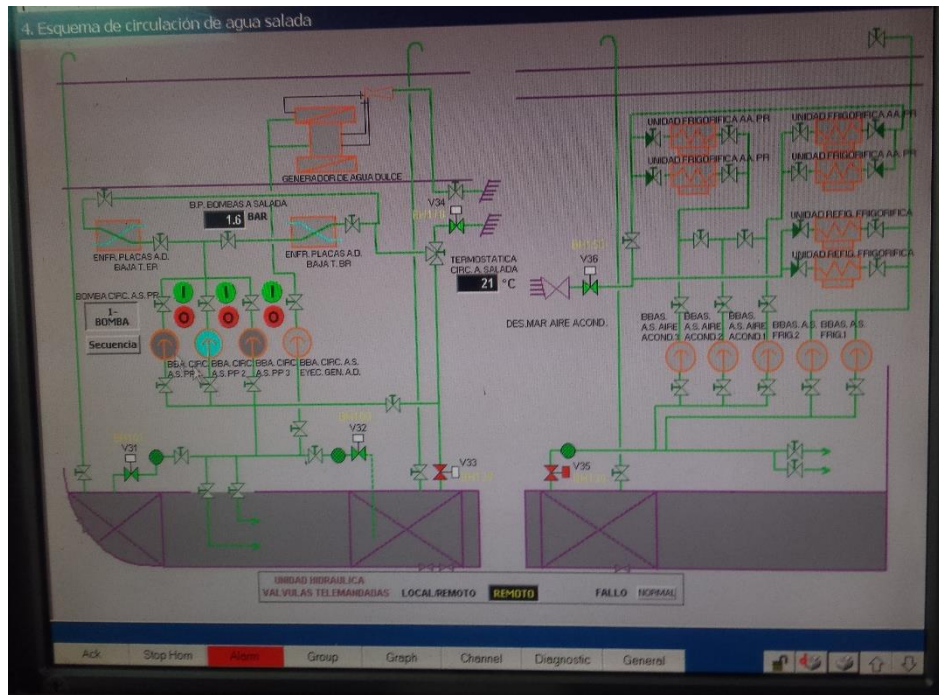
De manera que el circuito de BT empieza por la refrigeración del aire de sobrealimentación y posteriormente refrigera el circuito de AT a través de los enfriadores de placas de AT, que se encuentran en la cubierta superior de la zona de MMPP y son de dimensiones reducidas.

Se le denomina circuito de BT porque, los elementos que refrigera, los intentamos refrigerar al máximo, dentro de los parámetros en los que se mueve el circuito de baja temperatura. Porque, como hemos comentado anteriormente, tenemos 3 tipos de circuitos entrelazados. Este es el que tiene la temperatura media de los 3, el de AT tiene temperatura más alta que este y el de AS, más baja.

Como hemos dicho en el apartado anterior, el circuito de AT debe ser refrigerado pero solo de manera que se mantenga en un rango de temperaturas determinado. Así que el elemento encargado de llevar a cabo esta refrigeración es el circuito de BT, porque no está demasiado frío y lleva a cabo la función de bajar un poco la temperatura del circuito de AT.

Refrigeración del agua de BT con A/S

El agua de baja temperatura es refrigerado en unos enfriadores de placas con agua salada directamente del mar.



Img.52: Esquema de circulación AS

El circuito de AS, por lo que hace a la refrigeración de la sala de máquinas, nos interesa la parte izquierda del esquema, ya que la parte de la derecha trata la zona de habilitación y ya ha sido explicada anteriormente.

Así que, por lo que hace a la zona de máquinas, el circuito tiene comienzo en las tomas de mar que llevan directamente a las tres bombas de AS, que tienen una secuencia de trabajo definida y en el caso particular del mes en el que se hizo la foto, teníamos la bomba número 2 en funcionamiento y, como teníamos la secuencia 2 1 3, la bomba que se encuentra en *stand by* era la bomba número 1. Y si por algún motivo la bomba número 1 se averiara, tendríamos la número 3 que se pondría en funcionamiento automáticamente al detectar que la número 1 no está activa.

Posteriormente, tenemos 2 válvulas. La función de estas es básicamente dejar pasar el AS o no, dependiendo de si es necesario o no.

El circuito es relativamente simple, debido a que, después de que el AS pase por los enfriadores, éste pasa por una termostática que decide donde enviarlo dependiendo de la temperatura que haya alcanzado después de pasar por los enfriadores.

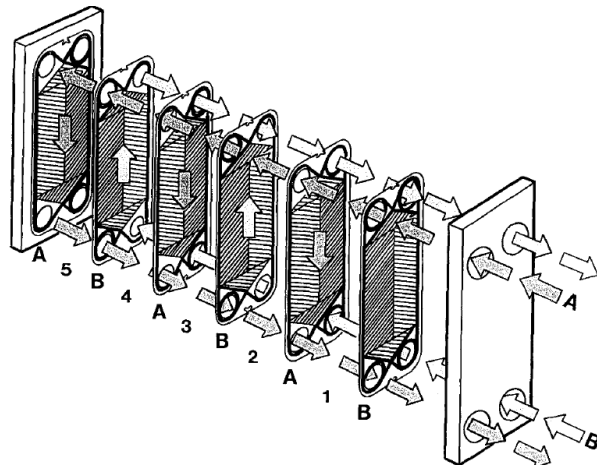
Si la temperatura es demasiado alta, se descarga al mar y en el caso de que la temperatura del AS después de haber pasado por los enfriadores siga siendo baja, se vuelve a recircular el AS para que vuelva a actuar como líquido refrigerante.

Por lo que hace a la interacción del A/S con los MMPP, lo único para lo que se necesita el A/S es para hacer la función de refrigerar el circuito cerrado de A/D de BT, a través de los enfriadores de placas. La salinidad de la A/S no nos permite utilizar este fluido en zonas con grandes temperaturas, debido a que la sal se quedaría incrustada en la superficie de los tubos, influyendo así tanto en la integridad del mismo, como en la cantidad de flujo que pasa por su interior y en la transmisión de calor. De manera que para esos casos, utilizamos A/D.

Enfriadores de placas

Los enfriadores de placas son intercambiadores de calor que transmiten esta calor por superficie.

Cuando se colocan juntas las placas de un paquete, los orificios de las esquinas forman túneles o colectores de distribución que conducen los medios (que participan en el proceso de transmisión de calor) desde las entradas hasta el paquete de placas, en donde se distribuye a los estrechos pasajes entre las placas.



Img.52: Esquema funcionamiento enfriador de placas

Debido a la disposición de las juntas en las placas y a la colocación de placas A y B (Img.52) alternativamente, los dos líquidos entran en espacios alternos, es decir, el líquido caliente entre pasajes impares, y el frío entre pasajes pares.

De este modo, los medios están separados por una fina pared metálica. En la mayoría de los casos los líquidos circulan en direcciones opuestas.

A su paso por el aparato, el líquido caliente cede parte de su energía calorífica a la pared metálica, a la cual, a su vez, cede instantáneamente al líquido más frío que se encuentra al otro lado.

El líquido caliente desciende de temperatura, a la vez que el frío aumenta la suya.

Por último, los líquidos se introducen en túneles similares al otro lado de las placas y abandonan el intercambiador.

La finalidad del aparato es la transmisión de calor de un medio a otro. Este calor pasa muy fácilmente a través de la fina pared que separa ambos medios.

Además, la corrugación que se da al material de las placas no sólo proporciona resistencia y rigidez, sino que también aumenta el grado de transmisión de calor del medio más caliente a la pared metálica, y de esta al otro medio.

Este alto flujo de calor a través de las paredes puede verse reducido de manera importante por la formación de sedimentos de diversos tipos sobre la superficie de la pared.

El tipo de corrugación de estas placas induce un flujo muy turbulento.

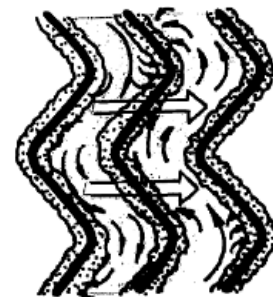
Esta turbulencia provoca una fuerte resistencia a la formación de sedimentos en la superficie de la placa, pero no siempre se puede eliminar el ensuciamiento.



Img.54: Enfriador de placas desmontado para reparación



Img.53: Funcionamiento enfriador de placas en condiciones estándar



Img.55: Enfriador de placas, con sedimentos que dificultan su funcionamiento óptimo

Dichos sedimentos, que pueden incrementar sensiblemente el grosor total de la pared, están formados por materiales con una conductividad térmica mucho menor que la de la placa metálica. Por consiguiente, una capa de sedimentos puede mermar considerablemente el coeficiente global de transmisión de calor.

Reductora

El motor MAK que tenemos a bordo del buque Esperanza Del Mar, en condiciones normales gira a 580 Rpm. y por las dimensiones de la hélice, no se la puede tener girando a tal velocidad porque generaría cavitación:

- La cavitación se produce cuando por excesivas revoluciones de la hélice la presión de la cara anterior de la hélice (la que está más a proa) decae a valores muy pequeños. En estas condiciones, en la zona con depresión se forman burbujas de vapor por culpa del vacío que se ha creado.



Img.56: Reductor montado al MP

El agua verdaderamente hierve pero a temperatura ambiente.

Cuando las burbujas de vapor que se han creado salen de esta zona de la hélice y vuelven a una zona con presión normal, se colapsan y se condensan otra vez en líquido. Durante el proceso de condensación este colapso es muy violento produciendo vibraciones ruidos y pérdidas de prestaciones.

La cavitación puede estropear fácilmente una hélice, mellando sus bordes de ataque, doblando las palas o picando su superficie.

De manera que necesitamos un elemento que nos reduzca de las 580 Rpm. a las 100-150 Rpm a las que suele girar la hélice.

Para realizar esta función tenemos el reductor, que se acopla a la salida del eje, para poder reducir las revoluciones al rango donde la hélice puede ser eficiente.

Los reductores y motorreductores son mecánicos de velocidad que se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad y aún en estos tiempos del siglo XXI se siguen utilizando prácticamente en cada máquina que tengamos a la vista, desde el más pequeño reductor o motorreductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera, cambiar velocidades en un automóvil, hasta enormes motorreductores capaces de dar tracción en buques de carga, molinos de cemento, grandes máquinas cavadoras de túneles o bien en molinos de caña para la fabricación de azúcar.



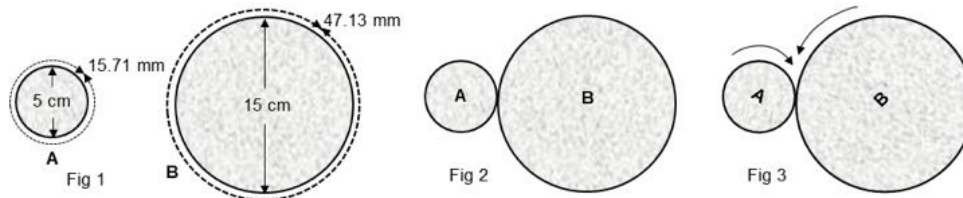
Img.57: Reductor desmontado para mantenimiento de cambio de engranaje

La sencillez del principio de funcionamiento y su grado de utilidad en una gran variedad de aplicaciones es lo que ha construido la trascendencia de este invento al través de los siglos.

CONCEPTO DE RELACIÓN DE REDUCCIÓN EN UN MOTORREDUCTOR

A continuación se dan los principios básicos de un reductor o motorreductor de velocidad:

Supongamos que la rueda “A” de la (Img.58/Fig.1) tiene un diámetro de 5 cm. Su perímetro será entonces de $5 \times 3.1416 = 15.71$ cm. Una rueda “B” de 15 cm de diámetro y 47.13 cm de perímetro (15×3.1416) está haciendo contacto con el perímetro de la rueda “A” (Img.58/fig. 2)



Img.58: Representación del principio de funcionamiento reductor

En la Img.58/fig. 3, cuando gira la rueda “A” hará que a su vez gire la rueda “B” pero sucederá que por cada tres vueltas que dé “A”, la rueda “B” solamente dará una vuelta, esto es, el diámetro de “B” dividido por el diámetro de “A” ($15/5 = 3$). Este número 3 será la relación de reducción de este reductor o motorreductor elemental y se indica como 3:1

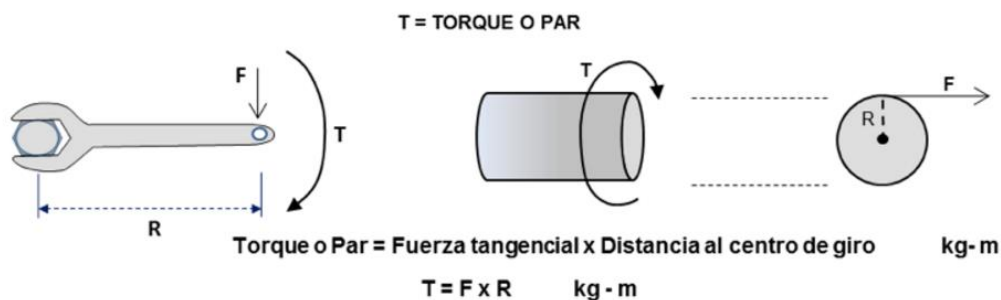
Con esta simple combinación se ha logrado disminuir la velocidad de rotación de la rueda “B” a la tercera parte de la velocidad de la rueda “A”. Si a la combinación de ruedas antes descrito encadenamos otras ruedas adicionales entonces cada vez lograremos una velocidad cada vez menor hasta donde sea necesario para la aplicación y puede ser 6:1, 30:1, 100:1 o aún mayor para lograr velocidades muy pequeñas que se pudieran necesitar y que, por ejemplo, la rueda “A” tuviera que girar cientos de veces para que la última rueda girara una sola vez. En este caso tendremos un motorreductor de varios trenes de reducción, entendiendo como 1 tren de reducción a un par de ruedas. Con 6 ruedas tendríamos tres trenes de engranes.

Con este sistema de reducción no solamente disminuimos la velocidad de “B” a un giro más lento que es útil para la mayoría de las aplicaciones sino que al mismo tiempo estaremos aumentado el “par” o “torque” en la última rueda del motorreductor que generalmente se conoce como la rueda de salida a la que va ensamblada la “flecha de salida” del reductor o motorreductor.

CONCEPTO DE PAR O TORQUE EN UN MOTORREDUCTOR

El “torque” o “par” es una fuerza de giro; Por ejemplo la fuerza de giro de la flecha de salida del motorreductor; es también la fuerza de giro en la flecha de un motor. No es simplemente una fuerza expresada en kilogramos, libras, onzas, Newton, etc.; tampoco es una potencia en HP o en Kilowatts. Es una fuerza de giro cuyas unidades son kilogramos, o Newton – metro, entre otras.

Este torque o par mezclado con un tiempo de realización, aplicación o ejecución es entonces que se convierte en una “potencia”.



Img.59: Representación del momento o Par de fuerza.

Un motor eléctrico tiene una determinada potencia en HP y tiene una cierta velocidad de operación a la cual gira la flecha de salida, por ejemplo 1800 Revoluciones por Minuto (RPM). Estas dos características: Velocidad y Potencia llevan aparejado un cierto “torque” o “par” que puede liberar el motor. Es precisamente el “par” lo que permitirá que podamos o no girar una determinada carga, cuanto más alto el “par” más grande será la carga que podamos girar. El que tan rápido podamos hacerlo dependerá de la potencia del motorreductor. Las dos características están interrelacionadas y dependen una de la otra.

Esta combinación de potencia, par y velocidad en un motor o motorreductor está regida por la siguiente fórmula:

$$PAR = \frac{Potencia \text{ (en HP)} * 716}{vel. giro reductor \text{ (RPM)}} \quad [kgm]$$

Como podrá verse en la fórmula, para una potencia dada, cuanto más baja sea la velocidad final de giro de la flecha del motorreductor, más alto será el par aunque la potencia siga siendo la misma. Inversamente: Cuanta más alta sea la velocidad final del reductor o motorreductor, tanto más bajo será el par aun cuando la potencia sea la misma.

Calculemos el par de salida que puede proporcionar el reductor que tenemos acoplado a los MMPP del buque esperanza del mar:

- El primer dato importante es que el motor gira a 580 Rpm. y la hélice a 150. Con estos datos, podemos sacar la relación de reducción, que en este caso sería $580/150=3.867$. Entonces la relación de reducción es 3.867:1
- El motor tiene 2700 Kw, que son 3620.76 CV

Si el motor es de 580 RPM de salida y el Reductor es relación de reducción 3.867:1 quiere decir que la velocidad de salida será de:

Velocidad a la salida del reductor = $580 / 3.867 = 150$ RPM

Entonces el par disponible será de:

$$T = \frac{3620.76 \times 716}{150} = 17283.0944 \text{ Kgm}$$

El par disponible es de 17283.0944 kgm

Separador de sentinas

Descripción general

El separador de sentinas FACET, serie CPS-B MKIII, consta de los siguientes componentes principales:



Img.60: Separador de sentinas

1. Una bomba de impulsor flexible a la salida del separador
2. El separador de placas coalescentes
3. Un sistema de control de nivel de aceite separado que controla descarga automática del aceite.

4. Un panel de control, comprendiendo principalmente:

- Un interruptor principal con las posiciones 'O' - 'I'

- Interruptor automático-manual
- Relé de control del nivel de aceite

También incluye conexiones para equipo opcional:

- Control remoto 'Start-Stop'
 - Interruptor de nivel de sentinas
5. Dos grifos de test para pruebas
 6. Manovacuómetro
 7. Válvulas de retención en la descarga de aceite y sentinas

Principio de funcionamiento

La bomba de impulsar flexible aspira la mezcla de agua/aceite de la sentina y la transfiere al separador de placas coalescentes.

La bomba se instala después del separador para evitar la emulsificación de la mezcla agua/aceite.

El separador de placas coalescentes contiene en su interior un tanque rectangular en el cual ha sido colocado el paquete de placas.



Img.61: Separador de sentinas II

Desde la cámara de compensación de la entrada, la mezcla agua/aceite se separará en dos corrientes hacia arriba casi verticales en las que el grueso del aceite es enviado al área de recogida de aceite.

El agua, ahora conteniendo sólo una baja concentración de aceite formada por pequeñas partículas, sigue a través de las placas coalescentes.

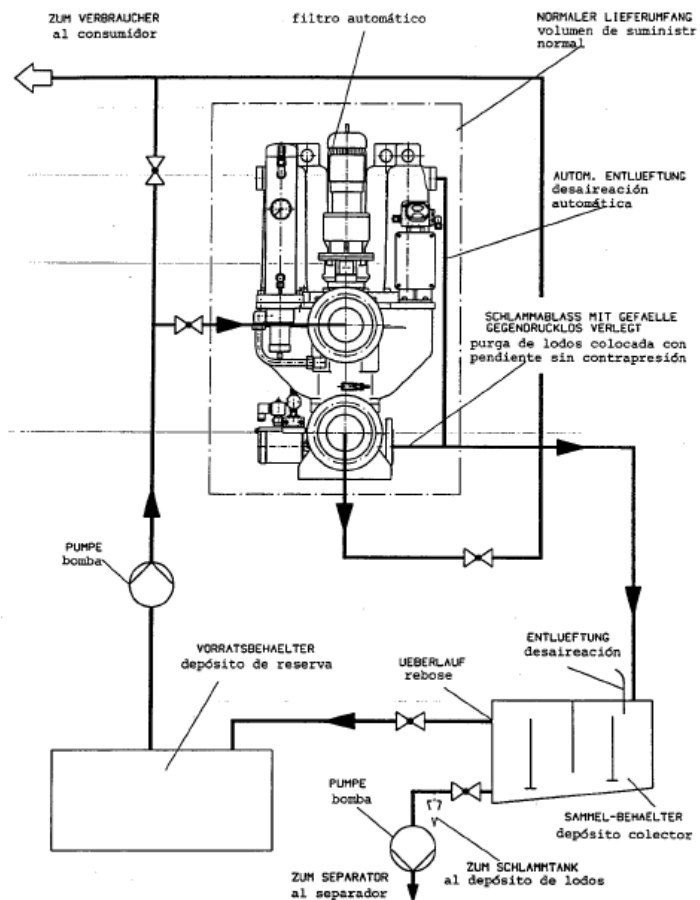
La estructura regular de las placas produce un flujo uniforme con muy poca turbulencia (n° de Reynolds: 60-100). Dentro de los paquetes de placas, se depositan partículas de aceite sobre el material oleofílico de las placas por gravedad. Debido a las variaciones de velocidad en la corriente de flujo creadas por el recorrido sinusoidal modificado del flujo, pequeñas partículas de aceite son coalescidas hidrodinámicamente mediante colisiones de partículas en partículas de aceite más grandes, que entonces se separan por gravedad y son capturadas por las placas oleofílicas.

Entonces, se permite que el aceite recogido en las placas "sude" a través del paquete de placas hacia la superficie, donde es recogido y transferido a la parte superior de recogida de aceite recuperado. El agua que sale del separador contiene menos de 15 ppm* de combustible y puede ser descargada por la borda en aguas internacionales de forma totalmente segura.

Filtros de aceite MMPP

El fluido que ha de ser filtrado, entra desde arriba en la caja de conmutación y pasa desde allí por la entrada de la cámara y por las cámaras de filtración conectadas a los cartuchos. El fluido pasa por los cartuchos filtrantes desde fuera hacia dentro y las materias extrañas contenidas en el fluido son retenidas en la malla filtrante de los cartuchos. El líquido depurado llega luego a la salida del filtro.

En esta posición, el aire mantiene cerrada la válvula de purga de lodos (por válvula electromagnética), y en el depósito de aire está disponible el aire comprimido requerido para el próximo proceso de limpieza en retroceso.



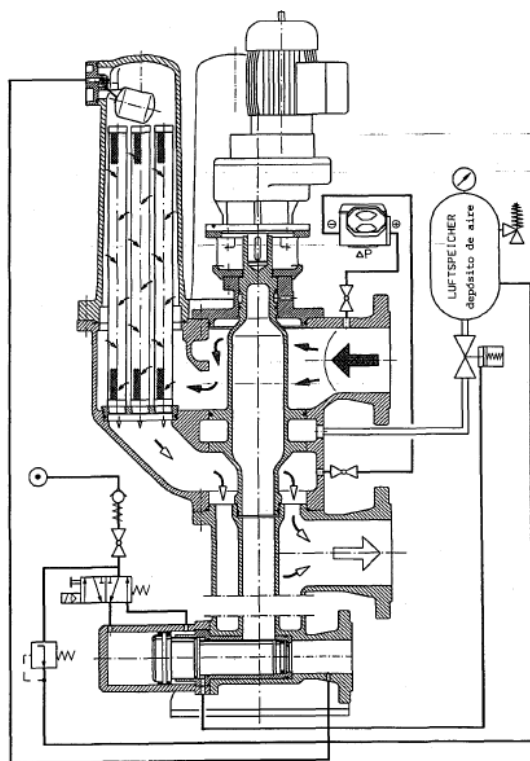
Img.62: Esquema de funcionamiento de los filtros automáticos

Fase de limpieza en retroceso

Las materias extrañas retenidas en los cartuchos filtrantes generan una creciente presión diferencial entre la entrada y la salida. Al alcanzarse un valor determinado, esa diferencia de presión es indicada por vía óptica por el indicador de presión diferencial y la limpieza en retroceso es iniciada por un contacto eléctrico.

Al iniciarse la limpieza en retroceso se conecta el motor reductor, girándose el órgano conmutador desde la cámara en reserva a la cámara de filtración que ha de ser limpiada.

La puesta en funcionamiento de la cámara de reserva, con los cartuchos filtrantes limpios, origina la inmediata reducción de la presión diferencial. Cuando el órgano conmutador alcanza la cámara de filtración a limpiar, se interrumpe el movimiento giratorio por un disco de levas y un interruptor final.



Img.63: Esquema fase de limpieza en retroceso



Img.64: Foto zona MMPP: filtros automáticos y enfriadores de placas.

Seguidamente, la válvula electromagnética (de la purga de lodos) es conmutada eléctricamente y el aire pasa a la parte de atrás del empujador de lodos. La válvula de purga de lodos se abre reduciéndose la presión en la cámara cerrada**.

**Debido a ello, el aire comprimido en el área superior del órgano conmutador puede expandirse inmediatamente creando así un espacio libre adicional para el líquido desplazado (por el aire) durante la limpieza en retroceso.

Durante el movimiento de apertura del empujador de purga de lodos, el aire de mando pasa (sólo después de la reducción de la presión en la cámara de filtración) a la válvula de limpieza adosada. La válvula de limpieza se abre y el aire comprimido del depósito de aire acelera el líquido limpio existente en la cámara de filtración y lo impulsa en contracorriente a través de los cartuchos filtrantes de malla.

Debido a la caída de presión resultante las materias extrañas depositadas en la malla son arrastradas y expulsadas del cuerpo del filtro a través de la válvula abierta de purga de lodos.

Después de un breve tiempo de soplado posterior (tiempo de limpieza), la válvula electromagnética es conmutada eléctricamente y la válvula de purga de lodos se cierra.

Al mismo tiempo se interrumpe la alimentación del aire de mando a la válvula de limpieza adosada, con lo cual se termina también la alimentación del aire acumulado de limpieza en retroceso.

La cámara de filtración limpiada en retroceso es llenada luego de fluido depurado a través de un taladro de relleno, hasta alcanzarse la presión de servicio. Sólo en ese momento se anula el retardo del mando electr. para el próximo proceso de limpieza en retroceso.

Bombas de la zona MMPP

CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.	UDS.	MARCA	TIPO	Nº SERIE	Q	W
BALDEO Y C.I.	2	AZCUE	CM-EP 65/26	237407/408		37
LASTRE	2	AZCUE	VM-EP 100/26	237405/406		11
LODOS	1	AZCUE	BT-IL 45D2-F	237410		2.2
CALDERA-COMBUSTIBLE	2	AZCUE	201.370.535	239780	20	0.25

En la zona de MMPP disponemos de 7 diferentes bombas, que como podemos ver son de la misma marca y tienen el mismo proceso de trabajo, en lo único que se diferencian es en el tipo de fluido que llevan y en su función a bordo. Estas vienen distribuidas como especificamos en la tabla de la parte superior.

Cada tipo de bomba lleva a cabo una actividad específica e imprescindible a bordo del Buque Esperanza Del Mar, como son:

- Baldeo
- Contraincendios
- Lastre
- Lodos
- Combustible para la caldera



Img.65: Bomba modelo AZCUE

Baldeo

El baldeo es muy importante en la cubierta de cualquier buque, ya que este proceso es el de aplicación de agua a presión y acompañado de la eliminación manual de las incrustaciones de cubierta que ya sean presentes, ya que llevan al desgaste de la cubierta del buque con mucha más facilidad.



Entonces a bordo del buque Esperanza Del Mar, disponemos de varias bombas que son las encargadas de llevar el agua hacia la cubierta para que se pueda llevar a cabo este proceso.

Contraincendios

La instalación de contraincendios es una instalación imprescindible a bordo, ya que primeramente es por seguridad en caso de que se origine un incendio a bordo.

De manera que la función de las bombas contraincendios es hacer llegar el agua a lo largo de la instalación contraincendios del buque, que utilice agua para sofocar el fuego.

Esta instalación, en el caso del buque Esperanza del Mar, consiste en:

- Sistema de rociadores con sprinklers en todas las cubiertas habitables, y con la correspondiente central de alarmas en el puente, que indica en que zona se está rociando.
- Detectores de humo y calor distribuidos por todos los puntos sensibles y no sensibles de todas las cubiertas habitables, con una central de alarmas en el puente, la cual da la ubicación del sensor activado.
- 24 estaciones en las distintas cubiertas, con los siguientes componentes en cada una de ellas: conexión, manguera contraincendios de 20 m y una lanza.
- Dos bombas principales y otra de emergencia, que dan caudal a las mangueras anteriormente mencionadas.
- Dos estaciones con equipo espumógeno cerca del helipuerto.
- Dos cajas con EPI's, ERA's y herramientas, situadas: una en la cubierta superior y la otra en la cubierta de botes.
- 52 extintores del tipo A-B-C de polvo seco y CO2.
- Pulsadores para activar la alarma de fuego, dispuestos en las cubiertas habitables.

- Las puertas dentro de la cavidad habitable son del tipo antifuego, provistas de un sistema de cerrado rápido en caso de ser necesario, el cual se activa desde el puente.

Lastre

El lastre es de los elementos de estabilidad más clásicos y más importantes que existen, porque a bordo del buque esperanza Del Mar, también disponemos de un sistema de estabilización con aletas, pero no llevaría a cabo su función de manera adecuada sin el lastrado adecuado del buque.

Lodos

En el buque Esperanza del mar, disponemos de varios tanques para diferentes tipos de residuos. Los tanques que tenemos son: aceite sucio, aguas oleosas y lodos.

De manera que en el tanque de aceite sucio se vierte aceite que ya ha sido usado en alguna máquina y le haya correspondido el cambio de la misma, ya sea por horas de funcionamiento o por alguna situación puntual en la que el jefe de máquinas ha ordenado que se cambie esta.

Por lo que hace al tanque de aguas oleosas, se vierten aceites que han sido mezcladas con agua por el motivo que sea.

Por último, tenemos el tanque de lodos, que es donde va a parar el combustible sucio y la descarga del aceite que tenga más de 15 ppm, desde la descarga del separador de sentinas. Creando así un tipo de fango o lodo que solo puede ser descargado a tierra como MARPOL.

Combustible para la caldera

Esta bomba es la encargada de suministrar combustible al quemador de la caldera que tenemos a bordo. Este quemador entra en funcionamiento cuando la presión interna de la caldera baja de los 4.6 Bar de presión.

4.3.2. Zona MMAA

La zona a la que accedemos, si salimos del control de la máquina, es donde tenemos los motores auxiliares, dispuestos en línea a lo largo de la manga del buque.

De aquí, accedemos a la zona de MMPP si abrimos la puerta estanca que nos dirige a la popa y a la zona de depuradoras si nos dirigimos hacia proa.



Los motores auxiliares del buque Esperanza del mar tienen las siguientes características:

Img.67: Foto zona MMAA

MOTOR DIESEL					3
MARCA: M.A.N.					
MODELO: D 2842 LE301					
POTENCIA: 532 KW					
R.P.M.: 1.500					
Nº 1 - SERIAL N0: 0005514 - D 15732 A					
- ENGINE N0: 701-9387-058-4-201					
Nº 2 - SERIAL N0: 0005515 - D 15732 A					
- ENGINE N0: 701-9387-059-4-201					
Nº 3 - SERIAL N0: 0005516 - D 15732 A					
- ENGINE N0: 701-9402-199-4-201					

Sistema estabilizador

En esta misma zona también tenemos un sistema estabilizador con las siguientes características:

MARCA	DENISON HYDRAULICS
Nº CODIGO	029-80224-0
MODELO Nº	PVT64-2R1C-F03-S00
Nº SERIE	39392
UNIDADES ESTABILIZADORAS	2
FABRICANTE	BROWN BROTHERS
MODELO	AQUARIUS-50

El sistema estabilizador de balanceo serie ACUARIO está diseñado para reducir el momento de balanceo del buque inducido por el mar, mediante el ajuste del ángulo de ataque de dos aletas plegables, una a babor y otra a estribor.

Cuando se inclina el borde de ataque de una aleta hacia arriba, se genera una fuerza de sustentación hidrodinámica positiva. Cuando se inclina el borde de ataque hacia abajo, se genera una fuerza de sustentación hidrodinámica negativa.

Se logra la condición de estabilización cuando se inclinan las aletas de tal manera que la sustentación combinada generada por las aletas produce sobre el buque un momento que se opone al momento de balanceo inducido por el mar.

La serie ACUARIO está diseñada y adaptada a las características de cada buque, por lo que se obtiene la máxima atenuación posible del balanceo del buque.

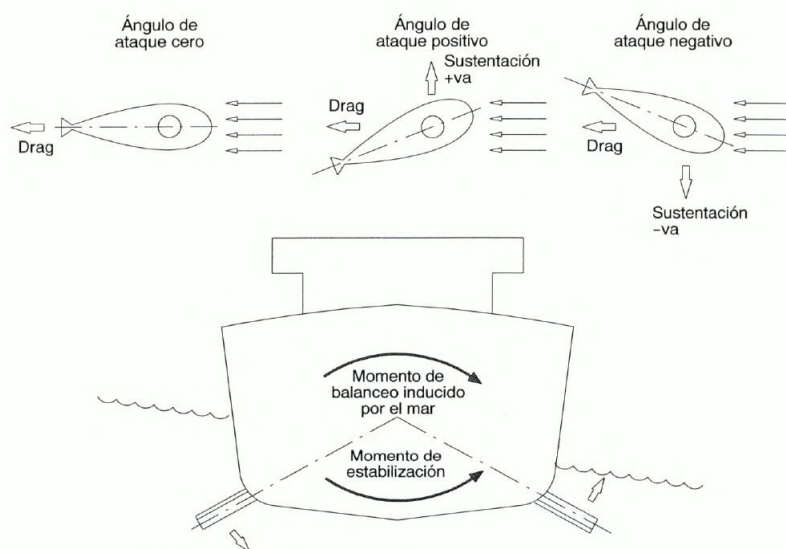


Fig.50: Sustentación hidrodinámica y momento estabilizador

Descripción del sistema

El sistema consta del siguiente equipamiento principal:

- Subsistemas de aleta de babor y estribor.
- Subsistemas hidráulicos.
- Sistema de control del estabilizador.

El estabilizador ACUARIO es del tipo de aleta plegable. El subsistema de aleta utiliza una aleta de una sola pieza, la cual se repliega y despliega sobre un solo cojinete de rodillos de gran diámetro. Las funciones de repliegue y despliegue se realizan por medio de un actuador lineal y una palanca. Una vez desplegada, la aleta se inclina mediante un segundo actuador lineal y un mecanismo de acoplamiento.



Img.92: Aleta estabilizadora desplegada

El fluido hidráulico para accionar los dos subsistemas, de babor y estribor, es suministrado a partir de una unidad de potencia hidráulica común. La unidad de potencia consta de un depósito de aceite y un grupo motobomba, montados en la estructura del buque. Cada unidad de aleta tiene su propio bloque de distribución montado localmente.

Se regula el estabilizador por medio de un sistema de regulación marítima flexible, que a continuación se procederá a describir brevemente.

El detector de balanceo vigila continuamente el movimiento de balanceo del buque y

transmite una señal a la unidad de control en el puente de navegación. A continuación, se envía una señal del ángulo demandado de la aleta a las válvulas proporcionales de solenoide de babor y estribor las que, al regular el flujo de aceite hidráulico, mueven las aletas respectivas al ángulo exigido.

La fuerza hidrodinámica resultante se opone al balanceo del buque. Un transductor lineal dentro del subsistema de aleta vigila el ángulo de la aleta y lo envía a la unidad de control del puente para producir una regulación en bucle cerrado de la posición de la aleta.



Img.93: Cavity de la aleta estabilizadora en el casco

Subsistema de aleta

El subsistema de aleta contiene todos los mecanismos de maniobra del estabilizador alojados dentro del conjunto de la cruz/caja de aleta, el cual va soldado al casco del buque. El conjunto de la cruz soporta el conjunto de aleta y eje. La cruz está unida a la palanca de repliegue y despliegue mediante el cojinete de giro.

Las aletas se repliegan por medio de un actuador hidráulico de repliegue y despliegue, el cual acciona la palanca de repliegue y despliegue.

Una vez replegada, cada aleta se desplaza a una posición de estacionamiento predeterminada, inclinándose de tal manera que descansa sobre un bloque de inmovilización. En el caso de una falla hidráulica, el bloque de inmovilización evita que la aleta se despliegue por inadvertencia.

Una vez desplegada, cada aleta se inclina por medio de un actuador hidráulico, el cual actúa, mediante una biela y una 'caña de timón', sobre el eje de aleta al cual va unida dicha aleta. El mecanismo basculador está situado en el interior de la cruz.

El subsistema de aleta contiene los siguientes elementos principales:

1. Conjunto de caja de cruz y caja de aleta.
2. Conjunto de cruz.
3. Conjunto de eje y aleta
4. Conjunto del mecanismo basculador de aleta.
5. Conjunto del obturador principal
6. Conjunto del actuador de repliegue y despliegue.
7. Sistema de lubricación
8. Bloque de distribución.



de aleta (ver la fig. 2.5)

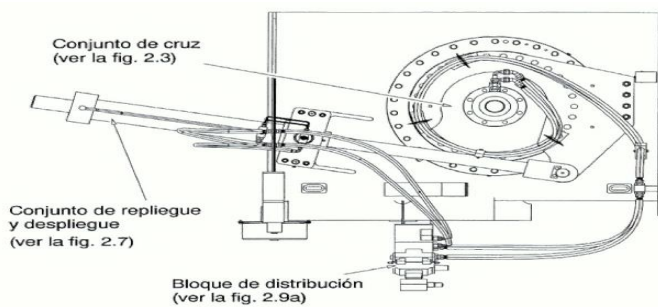


Fig.51: Partes zona interna aleta estabilizadora I

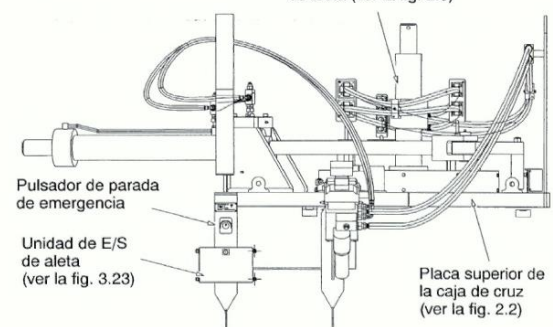


Fig.52: Partes zona interna aleta estabilizadora II

1. Conjunto de caja de cruz y caja de aleta.

La caja de aleta / caja de cruz constituye la interconexión del subsistema de aleta con el casco del buque. Es fabricada a medida para cada buque con las correspondientes orientaciones de babor y estribor. Las placas extremas situadas dentro de la caja de aleta / caja de cruz están colocadas de tal manera que se alinean con las cuadernas del buque. La interconexión principal entre la caja de cruz y los demás mecanismos de funcionamiento se realiza a través del cojinete de giro, el cual va montado sobre la placa superior de la caja de cruz.

La pieza de fijación del actuador de repliegue y despliegue está situada en la parte superior de la caja de cruz.

La fuerza de resistencia al avance de la

aleta es transmitida a la caja de cruz por medio del tope de fin de carrera. El tope se sitúa en la parte superior de la caja de cruz.

Para proteger las placas de la caja de cruz contra la corrosión, se incorporan ánodos de cinc dentro de la caja al lado del agua.

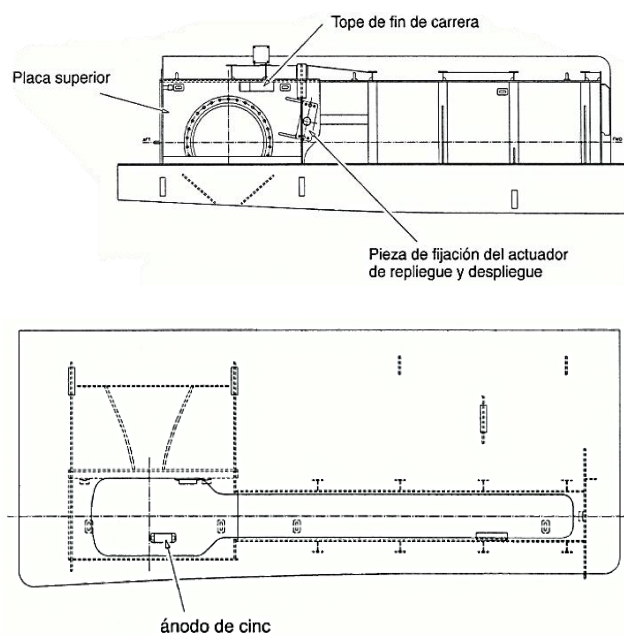


Fig.53: Conjunto de caja de cruz y caja de aleta

2. Conjunto de cruz

Los elementos principales del conjunto de cruz son la cruz, el cojinete de giro de rodillos, la palanca de repliegue y despliegue, el espaciador y los cojinetes del eje de aleta. La cruz suporta el eje de aleta y es el elemento que permite que las aletas se desplieguen y replieguen dentro del buque y que el borde de ataque se incline hacia arriba y hacia abajo.

La cruz es una pieza colada hueca. Está provista de una abertura de inspección grande, la cual es cerrada por una puerta pesada, sellada por una guarnición estanca y fijada por pernos.

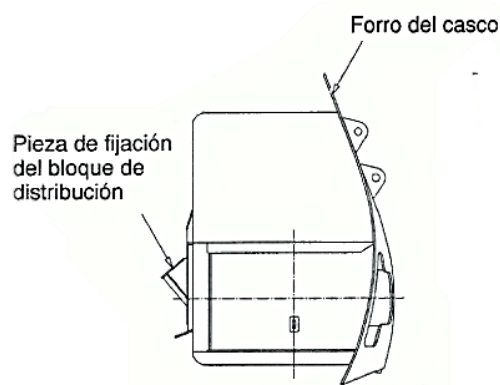


Fig.54: Conjunto de cruz I

La cruz va unida al cojinete de giro de rodillos (anillo de rodadura interior, superficie inferior) por medio de pernos prisioneros. La unión entre estos dos elementos se realiza en forma de espiga. Algunos de los pernos prisioneros son más largos y se utilizan para unir el espaciador y la palanca de repliegue y despliegue al cojinete de giro de rodillos (anillo de rodadura interior, superficie superior).

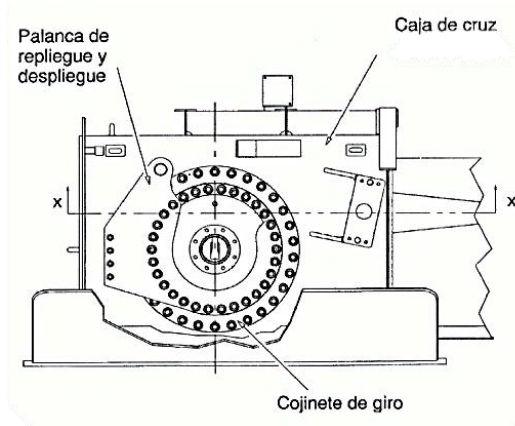


Fig.55: Conjunto de cruz II

El anillo de rodadura exterior del cojinete es unido a la caja de cruz por medio de pernos prisioneros. La unión entre la caja de cruz y el cojinete de rodillos se realiza en forma de espiga. El cojinete proporciona la acción articulada que permite el repliegue de la aleta dentro de la caja de aleta y su despliegue fuera de la caja de aleta. El cojinete transfiere todas las cargas hidrodinámicas desde la aleta, por medio de la cruz, al interior de la caja de Cruz.

Se proveen (dos) obturadores de muñón en la abertura de paso a la cruz, los que se destinan a evitar la penetración de agua salada en el cojinete y en el buque. La cruz es revestida de acero inoxidable en la zona de estos obturadores. Los obturadores son del tipo de labios, activados por resorte, con los dos labios orientados hacia el agua marina.

En la cruz, en la zona del eje de la aleta, se encuentran manguitos interiores y exteriores de tela plástica reforzada, provistos de ranuras axiales. Estos manguitos se mantienen en posición por medio de un ajuste con apriete y transfieren los esfuerzos de la aleta al interior de la cruz.

Arandelas de empuje, de tela plástica reforzada, colocadas en cada lado de la placa de empuje, situada en el lado interior del manguito interior, soportan el esfuerzo axial del eje de la aleta.

El conjunto del obturador principal está situado en el lado exterior del e manguito exterior.

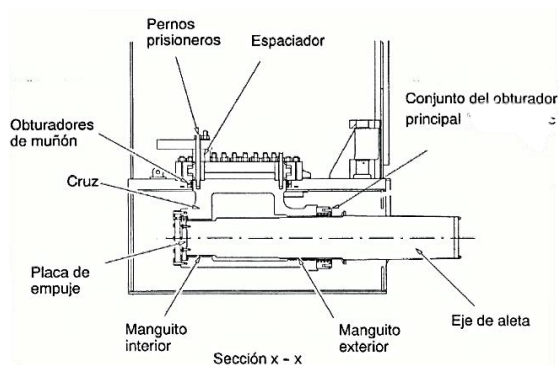


Fig.56: Conjunto de cruz III

3. Conjunto de eje y aleta

La aleta es una estructura fabricada y consta de placas de acero soldadas a un eje forjado de acero de gran resistencia a la tracción. Por lo tanto, se puede clasificar la aleta y el eje como un conjunto inseparable.

El eje de la aleta permite la transferencia de la carga desde la aleta al interior del buque.

La geometría de la aleta, distinguida por su borde de salida en forma de cuña, ha sido determinada en pruebas con modelos, y proporciona a la aleta sus características de alta sustentación.

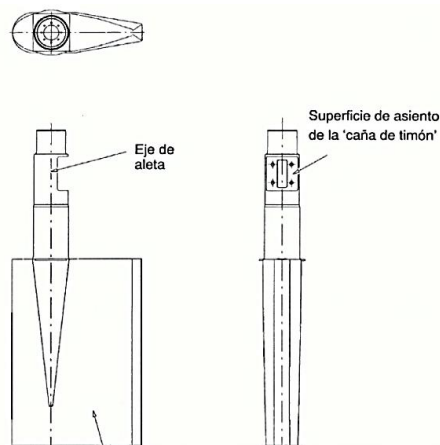


Fig.57: Conjunto de eje y aleta

4. Conjunto del mecanismo basculador de aleta

El mecanismo basculador de la aleta consta de un actuador hidráulico, caña de timón, biela y dos pasadores.

La aleta se actúa por medio de un actuador hidráulico simple de doble acción. El actuador es montado sobre brida en la cruz y fijado con pernos.

El actuador es conectado a la biela mediante uno de los pasadores. El segundo pasador conecta la biela a la caña de timón. Los pasadores giran en manguitos los que se unen al

extremo de la biela y la caña mediante un ajuste con apriete. La caña incorpora una llave y es unida al eje de la aleta con el uso de pernos.

Cuando el fluido hidráulico entra en la lumbrera superior del actuador, la varilla del pistón se extiende y el borde de ataque de la aleta se inclina hacia arriba. Cuando se invierte el flujo, la varilla del pistón se retira y el borde de ataque de la aleta se inclina hacia abajo.

El actuador tiene un transductor lineal interno el cual es utilizado por el sistema de control para vigilar continuamente el ángulo de la aleta. Una escala unida al cuerpo del

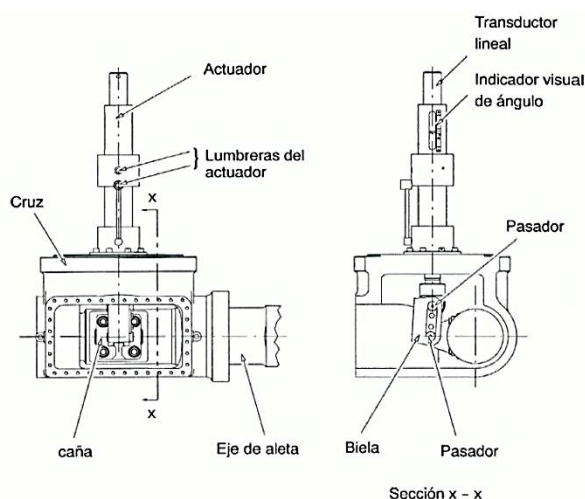


Fig.58: Conjunto del mecanismo basculador de aleta

actuador indica el ángulo visualmente.

5. Conjunto del obturador principal

El obturador principal protege el eje de la aleta, los cojinetes del eje y los espacios internos del eje de la aleta y la cruz contra la penetración de agua salada. Además, impide la pérdida de aceite lubricante al mar.

Los obturadores son del tipo de labios, activados por resorte; el obturador del lado interior tiene su labio orientado hacia el aceite de lubricación, mientras que los labios de los dos obturadores exteriores se orientan hacia el agua marina. Los obturadores orientados hacia el interior y hacia el exterior están separados por anillos distanciadores de plástico.

Se puede cambiar la posición de los obturadores, con respecto a la camisa, colocando el anillo distanciador entre el anillo obturador y el segundo obturador orientado hacia el exterior. Esto permite que los obturadores rueden por una superficie nueva de la camisa, doblando así la vida útil de la camisa.

La cubierta es empernada a la cruz y la interconexión es sellada por una empaquetadura. El anillo obturador partido es empernado a la cubierta y ejerce una compresión positiva sobre el conjunto del obturador.

Los obturadores ruedan sobre una camisa recubierta de 'Inconel 625' para proporcionar una superficie lisa, dura y resistente a la corrosión. La camisa está posicionada sobre el eje de la aleta y soldada a la aleta. Una junta tórica sella la interconexión entre la camisa y el eje.

Los tornillos de purga, con sus arandelas de estanqueidad, permiten que el aire atrapado se escape durante el llenado del sistema de lubricación.

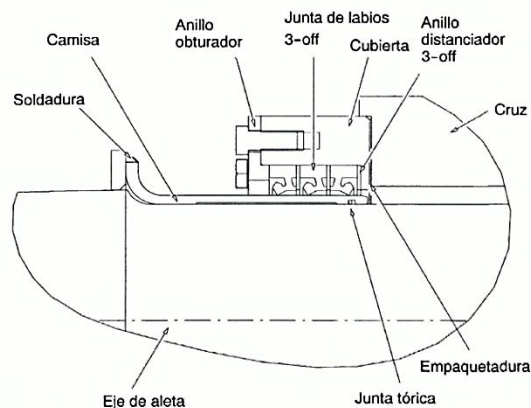


Fig.59: Conjunto del obturador principal

6. Conjunto del actuador de repliegue y despliegue

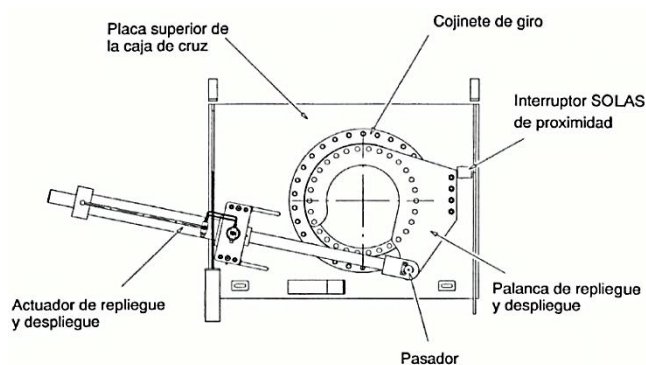


Fig.60: Conjunto del actuador de repliegue y despliegue I

La palanca de repliegue y despliegue se actúa por medio de un actuador hidráulico simple de doble acción. El actuador va montado en el soporte de muñón de la caja de cruz, manguitos

Se realiza el repliegue y despliegue de la aleta mediante el uso del actuador de repliegue y despliegue, el cual va unido a la palanca de repliegue y despliegue.

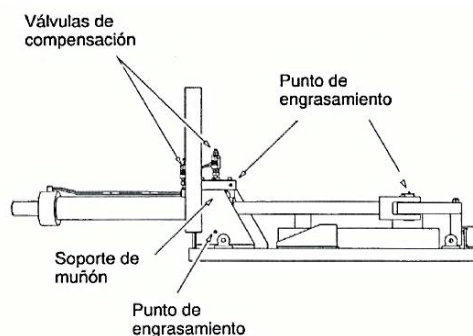


Fig.61: Conjunto del actuador de repliegue y despliegue II

de tela plástica reforzada retienen el actuador dentro del soporte. El pasador gira dentro de un manguito de tela plástica reforzada el cual se mantiene en posición en la palanca de repliegue y despliegue por medio de un ajuste con apriete.

El actuador tiene un transductor lineal interno el cual es utilizado por el sistema para vigilar constantemente la posición de repliegue y despliegue de la aleta, y para determinar cuándo la aleta se encuentra en sus posiciones de replegada y desplegada.

Hay válvulas de compensación conectadas a las dos líneas de entrada del cilindro a fin de evitar todo movimiento de la aleta en las posiciones replegada y desplegada.

7. Sistema de lubricación

Se realiza la lubricación del subsistema de aleta mediante dos sistemas separados. La lubricación del cojinete de giro se realiza con la inyección manual de grasa, mientras que un tanque de alimentación por gravedad suministra el aceite de lubricación a la cruz.

El tanque de lubricación de la cruz es una estructura fabricada de acero, la cual va montada sobre brida en el mamparo de la caja de cruz. La lubricación se efectúa por gravedad, motivo por lo cual el tanque se ubica por encima de la cruz. En el tanque va instalado lo siguiente: un interruptor electromagnético que genera una señal de alarma de bajo/alto nivel de

aceite, un tapón respiradero/de relleno y una válvula de aislamiento. El tapón respiradero/de relleno incorpora una varilla para indicar visualmente el nivel del aceite.

El cojinete de giro recibe la grasa, a través de un tubo flexible y dos conexiones de tubería, a partir de un punto simple de inyección manual (1/4" BSP) situado en la pieza de refuerzo de la caja de cruz. Se proporcionan puntos de grasa extra (1/8" BSP) alrededor de la periferia del cojinete como lubricación adicional.

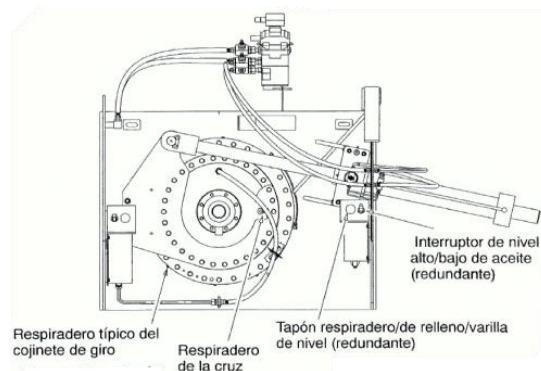


Fig.62: Sistema de lubricación I

La cruz recibe el aceite a través de un tubo conectado en la parte inferior del tanque y de un tubo flexible que parte del tubo a una conexión en la parte superior de la cruz. El aceite lubricante llena el espacio interior de la cruz y lubrica los cojinetes interior y exterior del eje de aleta así como el mecanismo basculador de aleta. Se purga el aceite a través de los tapones que se muestran en la figura 63 Para vaciar la cruz mientras el buque se encuentre en dique seco, se deberán aflojar cuidadosamente los pernos de la puerta de la cruz a fin de permitir que el aceite se escape. Como alternativa, se puede vaciar el aceite de la cruz con sifón, utilizando como vía de acceso el tapón respiradero encima de la cruz.

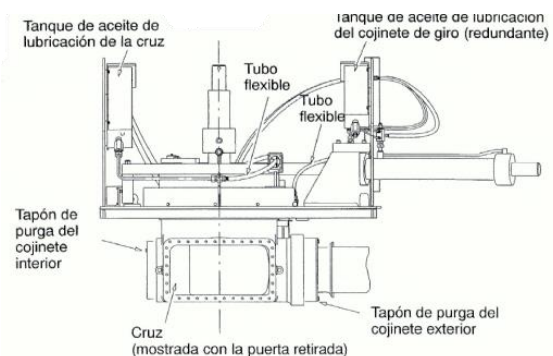


Fig.63: Sistema de lubricación II

8. Bloque de distribución

El bloque de distribución contiene y aloja todas las válvulas necesarias para permitir la regulación de la aleta.

El caudal desde la bomba compensadora de presión es dirigido dentro del bloque de distribución, en la lumbrera 'P', y por el filtro de presión. A continuación, el caudal es regulado por las siguientes válvulas en el bloque de distribución.

a. Válvula de control proporcional : [función de inclinación de aleta]

La función de inclinación de la aleta se regula por medio de la válvula proporcional electrohidráulica, la cual funciona por medio de solenoides de control proporcional. Esta válvula regula tanto el volumen como la dirección de la circulación del fluido hidráulico al actuador basculador de la aleta.

Esta válvula consta de una válvula de control con dos solenoides proporcionales, un carrete piloto y resortes de centrado.

En reposo, los resortes de centrado mantienen el carrete en la posición media. A la excitación de uno de los dos solenoides, el carrete se desplaza por una distancia en proporción con la fuerza de la señal eléctrica de entrada.

El aceite fluye en el actuador y regresa, por medio de la válvula de control direccional, al tanque.

Cuando se reduce la señal eléctrica a cero, el carrete vuelve a su posición neutra (centrada).

b. Válvula de control direccional : [función de repliegue y despliegue]

La regulación de la función de repliegue y despliegue se realiza por medio de la válvula de control direccional, la cual se acciona por solenoides. Durante la operación de despliegue, el solenoide de 'despliegue' es excitado permitiendo la circulación de aceite, por medio de la válvula reguladora, la que regula la velocidad de movimiento de la aleta, hacia la zona anular del actuador de repliegue y despliegue. El aceite regresa por la vía de derivación de la otra válvula reguladora, y la válvula direccional al tanque. Cuando la aleta se ha desplegado, el solenoide de 'despliegue' queda desexcitado.

En la posición desplegada, la resistencia hidrodinámica mantiene la aleta desplegada, produciéndose, contra la fuerza de resistencia, una reacción en el tope de fin de carrera situado en la parte superior de la caja de cruz.

Durante la operación de repliegue, el solenoide de 'repliegue' queda excitado, permitiendo la circulación de aceite a la zona llena del actuador de repliegue y despliegue, por medio de la válvula reguladora. El aceite regresa por la vía de derivación de la otra válvula reguladora y la válvula direccional, al tanque. Cuando la aleta se ha replegado, el solenoide de 'repliegue' queda desexcitado.

Para fines de control de emergencia del actuador de repliegue y despliegue, se incorpora un sobre control manual en la válvula de control direccional.

c. Válvulas de seguridad de intercomunicación

Los orificios de salida de la válvula de control proporcional, en la línea basculadora de la aleta, son interconectados por medio de dos válvulas de seguridad de intercomunicación y una válvula de derivación manual. Las válvulas de seguridad de intercomunicación permiten aliviar una sobrepresión (en exceso del valor de regulación de la válvula de seguridad), desviándola a la línea de retorno, evitando así una acumulación excesiva de presión en el sistema. La válvula de derivación manual está cerrada durante todas las actividades normales, pero cuando se abre, desvía el aceite de una línea a otra, eliminando la presión direccional del actuador basculador de aleta.

Los orificios de salida de la válvula direccional en las líneas de repliegue y despliegue de la aleta están conectados al tanque por medio de la válvula de retención y la válvula de seguridad. La válvula de seguridad permite aliviar una sobrepresión (en exceso del valor de regulación de la válvula de seguridad), desviándola al tanque, evitando así una acumulación excesiva de presión en el sistema. Además, las líneas de repliegue y despliegue se interconectan por una válvula de derivación manual. La válvula de derivación manual está cerrada durante todas las actividades normales, pero cuando se abre, desvía el aceite de una línea a otra, eliminando la presión direccional del actuador de repliegue y despliegue.

d. Filtro de presión

Antes de que el caudal de aceite entre en las válvulas de control direccional, pasa por un filtro de presión. El filtro está montado en el bloque de distribución, y atrapa la materia contaminante antes de que se introduzca en las líneas basculadoras y de repliegue y despliegue de la aleta. Este filtro incorpora un elemento reemplazable de 5 micrones, un indicador visual de atascamiento y una válvula de derivación que se activa si el filtro se atasca.

Se puede cambiar el elemento sin la necesidad de vaciar el tanque.

e. Válvula de doble efecto

Una válvula de doble efecto está montada en línea a través de las líneas de presión hacia el actuador basculador de aleta, y detecta la presión más alta que se encuentre en cualquiera de las dos líneas.

4.3.3. Zona de depuradoras

Si salimos de la zona de MMAA hacia la proa, nos encontramos con la zona de depuradoras. Donde tenemos 4 depuradoras dispuestas como vemos en la imagen 67. A la derecha de la imagen o babor del buque, tenemos 2 depuradoras de combustible. Una de ellas para el trasiego y la otra para la recirculación.



Img.67: Foto zona de depuradoras

En cambio a la izquierda de la imagen o a estribor del buque disponemos de dos depuradoras de aceite, que su función es llevar a cabo la recirculación del aceite cuando el motor se encuentra arrancado. El motivo por el que tenemos dos depuradoras es porque disponemos de dos motores principales. De manera que una depuradora es para el motor de babor, mientras que la otra es para el de estribor.

Separadoras centrífugas

Las características de las depuradoras son:

<u>CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.</u>	<u>UD S.</u>	<u>MARCA</u>	<u>TIPO</u>	<u>Nº SERIE</u>	<u>Q</u>
CIRCULACION DEPURADORA COMBUSTIBLE	2	RICKMEIER	R35/31.5 FL-DBI-G	504095/4/504 096	2.600
CIRCULACION DEPURADORA ACEITE	2	RICKMEIER	R25/10 FL-DBI-G	506756 P.2/3	820/10 00

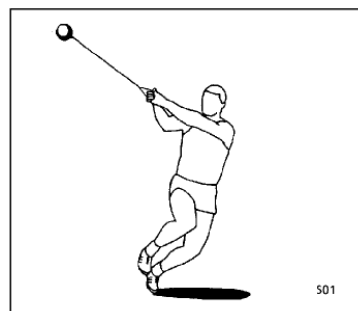
Principio de funcionamiento de las depuradoras

Las centrífugas se utilizan para separar mezclas de líquidos o para eliminar sólidos contenidos en suspensión en líquidos. Al girar el tambor se generan fuerzas centrífugas.

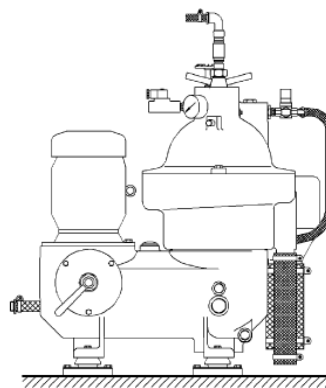
Por acción de estas fuerzas centrífugas, se logra en un tiempo muy breve la separación de los líquidos mezclados y/o la eliminación de los sólidos.

Los componentes de mayor densidad se desplazan hacia la periferia del tambor, mientras que los de menor densidad se dirigen hacia el centro del mismo.

Para obtener estas fuerzas centrífugas considerables se imprime gran velocidad al tambor. Las altas velocidades de rotación permiten obtener una gran eficiencia, pero, además, someten el material de la centrífuga a grandes esfuerzos.

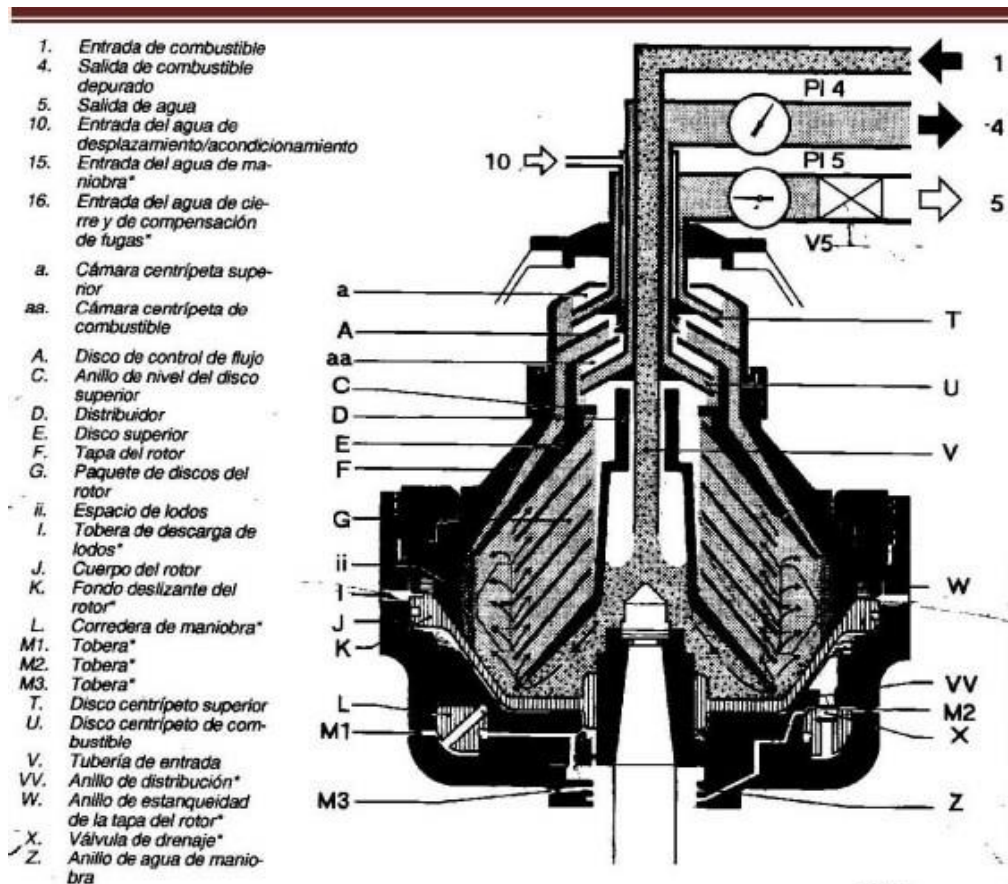


Img.69: Representación de la fuerza centrífuga



Img.70: Representación de la depuradora

De manera que el funcionamiento de la depuradora tiene la siguiente secuencia:



Img.71: Representación de las partes internas de la depuradora

1. El combustible sin separar se alimenta al rotor a través de la tubería de entrada (V) (Img.71 / 1)
2. Se bombea por el distribuidor (D) hacia la parte periférica del rotor
3. Cuando el gasoil alcanza las ranuras del distribuidor, sobresale por los canales formados por el paquete de discos (G) en donde se distribuye de manera uniforme.
4. El combustible se limpia continuamente a medida que se dirige hacia el centro del rotor.
5. Cuando éste es depurado sale del paquete de discos y fluye hacia arriba, pasa por encima del anillo de nivel del disco superior (C) y penetra en la cámara centrípeta.
6. Desde ahí, es bombeado por el disco centrípeto (U)
7. Sale del rotor a través de la salida de combustible depurado (4).
8. El agua separada, lodos, y partículas sólidas se empujan hacia la periferia del rotor y se almacenan en el espacio de lodos, donde éstos son descargados al tanque de lodos periódicamente.

Sistema de trasiego de G.O.



Img.72: Sistema de trasiego de G.O.

Por lo que hace al trasiego de G.O. diferenciaremos entre:

- Trasiego de combustible entre tanques del buque
- Carga de combustible desde tierra

Trasiego de combustible entre tanques del buque

El buque Esperanza Del Mar, tiene 9 tanques de combustible dispuestos a lo largo de la zona central del buque y recibiendo los siguientes números:

- TK 1 Br y 1 Er
- TK 2 Br y 2 Er
- TK 3
- TK 4
- TK 5
- TK 6
- TK 7 o TK de reboses

Tenemos 2 bombas para el trasiego de combustible, las aspiraciones de las cuales las podemos ver en la imagen superior en la zona diestra.

De manera que para llevar a cabo el trasiego, primeramente estudiaremos la situación concreta de cada momento. Es decir, si se va a navegar a altas revoluciones durante muchas horas, se debe tener en cuenta que el consumo aumenta exponencialmente a partir del momento que se superan las revoluciones en las que el motor es más eficiente (mejor relación entre velocidad y consumo), que en el caso de este buque está en las 580 Rpm.

Se deben tomar decisiones con mucha antelación a los hechos porque, por ejemplo, en el caso que nos incumbe, disponemos de 2 tanques de consumo diario (Er. Y Br.), y el consumo está dividido de tal manera que los MMPP cada uno consume combustible del tanque de su lado, mientras que los MMAA, tenemos los nº1 y nº2 que consumen del TK 1 Br. Y el MA nº3 consume del TK 1 Er.

Teniendo en cuenta todos estos factores, se procede a trasegar combustible de los de almacén a los TK's Nº2.

De qué tanque almacén extraer combustible, depende de un orden establecido, para la estabilidad del buque.

Entonces el proceso de trasiego seguiría los siguientes pasos:

1. Abrir la aspiración de la bomba o bombas con la que queramos hacer el trasiego (en la imagen son las 2 válvulas de la zona diestra, la de la bomba nº2 y nº1 respectivamente) (Img.72)
2. Abrir la aspiración del tanque del que queramos sacar el combustible (a la parte izquierda de las válvulas comentadas anteriormente, tenemos las válvulas de aspiración de todos los tanques que tenemos a bordo, abrimos la que necesitamos)
3. En caso de que queramos hacer descarga en la los TK's nº2, abrimos las dos válvulas de la zona de la izquierda, dependiendo de si solo queremos descargar en uno o en los dos tanques.
4. En caso de que queramos descargar en los tanques nº1, debemos subir a la cubierta superior de la zona de depuradoras, donde tenemos las válvulas de descarga tanto en TK 1 Br. Como en TK 1 Er.
5. Encendemos la bomba de trasiego de combustible correspondiente, hasta que finalicemos el llenado del tanque que hayamos elegido.
6. Finalmente, ponemos en funcionamiento la depuradora de trasiego.

Carga de combustible desde tierra

En el caso de la carga de combustible desde tierra, el proceso es a través del mismo panel de válvulas, pero en este caso las válvulas que abrimos son otras, ya que el proceso es:

1. Conectamos el manguerote que lleva el combustible desde tierra al manifold
2. Bajamos abajo al panel de válvulas de trasiego, de las que hemos hablado anteriormente (Img.72) y abrimos la válvula más grande del panel. La cual encontramos en la parte de la izquierda y arriba.
3. Una vez abierta esta válvula, abrimos las válvulas de debajo. Dependiendo del tanque que queramos cargar, abrimos su válvula de carga y posteriormente ya empieza el proceso de llenado de este tanque.

4.3.4. Zona de compresores de la instalación frigorífica, hidróforos y planta séptica

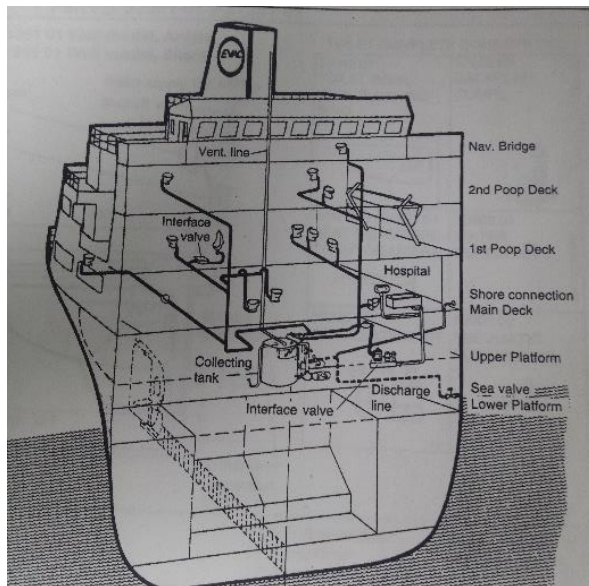
Finalmente cuando abandonamos la zona de depuradoras, en dirección hacia la proa, nos encontramos con la última zona de la sala de máquinas.

Plantas sépticas

En esta zona primeramente localizamos las dos plantas sépticas de las que dispone el buque, cuyas características de sus elementos son:

CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.	UDS.	MARCA	TIPO	Nº SERIE	Q	W	H.M	AÑO
FLUJO P. SEPTICA	2	BURKS	CS7M	-	-	-	-	-
MACERADORA P. SEPTICA	2	-	SS-100-40	-	15.7	1 CV	-	-
SENTINAS Nº1 CENTRIFUGA	2	AZCUE	VM/EP 80/26	237402	64	-	20	2000
SENTINAS/REACHIQUE PISTONES	1	AZCUE	RKZc140/100	237404	-	11	-	-
CONTRALAVADO P.SEP.	2	JABSCO	FL-2,5/50	22870-2001	2.5	-	-	-

En la imagen 73 podemos ver las dos plantas sépticas de las que dispone el buque y funcionan con el sistema sanitario de vacío EVAC.



Img.74: Esquema de aguas grises y negras



Img.73: Plantas sépticas con representación de funcionamiento

El sistema sanitario de vacío EVAC utiliza vacío para transportar las aguas residuales desde las tazas y otros sanitarios a un tanque colector central.

El vacío se crea por la relación de las aguas residuales a través de uno o más eyectores, fijados al tanque colector central.

Las tazas son conectadas directamente a la tubería de vacío a través de una válvula de descarga situada en su parte posterior. Cuando se fluxa, la válvula de descarga se abre brevemente para vaciar la taza y extraer el aire circundante al interior del sistema. Otra válvula que actúa sincronizadamente con la anterior, permite limpiar la taza y restaurar la reserva de agua después de que la válvula esté cerrada. Se utiliza alrededor de un litro de agua en la operación.

Otros elementos sanitarios semejantes como urinarios y duchas son drenadas por gravedad a unidades intermedias conocidas como válvulas de aguas grises. Esta unidad está compuesta por un pequeño tanque conectado al sistema de tuberías de vacío a través de una válvula de descarga. La válvula de descarga abre automáticamente cuando el nivel de líquido en el tanque alcanza un determinado nivel.

El esquema de la imagen 74 muestra el tanque colector central con las bombas de recirculación, eyectores y equipo de control. En la entrada principal hay colocados un vacumetro y un presostato. El presostato arranca y para las bombas para mantener el vacío necesario en el sistema.

El tanque colector está a presión atmosférica y el vacío se mantiene únicamente en las tuberías.

Las aguas residuales deberán ser transferidas a la planta de tratamiento de abordo, o descargadas al mar, la cual puede ser controlada automáticamente o manualmente. El equipo de control permite el control por alto nivel, alarmas y bloqueo usando señales de sensores de nivel situados en el tanque colector.

Tanques de agua caliente



Img.75: tanques de agua caliente

Siguiendo hacia la proa del buque, primeramente nos encontramos con dos tanques de acero a alta temperatura y el tamaño de ambos es considerablemente diferente.

Estos tanques son los de las aguas calientes del buque y son de tamaños diferentes por el objetivo al que están destinados.

El tanque de menor tamaño es específico para la cubierta del hospital de la que dispone el buque, mientras que el tanque de mayores dimensiones está destinado para toda la acomodación del buque. De allí proviene esta gran diferencia en el tamaño.

Hidróforos de agua dulce

En este caso son 3, que se van alternando mensualmente y por orden.

En la imagen 76 podemos ver estos hidróforos, con la numeración correspondiente. Estos elementos son los encargados de proporcionar agua dulce a la tripulación para asearse, baldear, agua sanitaria, etc.



Img.76: Hidróforos de agua dulce

Instalación frigorífica

La instalación frigorífica del buque Esperanza Del Mar está hecha para poder llevar a cabo la refrigeración de las cámaras frigoríficas que se tienen a bordo.

Estas cámaras son las siguientes:

- Pescados (-17°C)
- Carnes (-16°C)
- Lácteos (6°C)
- Antecámara
- Verduras (8°C)

La instalación, como podemos ver en la imagen 77, está duplicada, para poder siempre tener esta instalación operativa aunque surja algún contratiempo con una, para poder trabajar con la otra.



Img.77: Instalación frigorífica

El refrigerante empleado en esta instalación es el freón, el tanque del cual podemos verlo por detrás del compresor, o zona diestra de la imagen.

Los componentes de la instalación frigorífica son:

1. Compresor
2. Evaporador
3. Condensador
4. Dispositivo de expansión

El compresor

El compresor es uno de los elementos principales de la instalación frigorífica. Su función es la de aspirar el refrigerante a baja presión y en estado gaseoso procedente del evaporador, para después descargarlo a alta presión en el condensador.

Evaporador

El evaporador es el elemento de la instalación encargado de evaporar el refrigerante a baja temperatura y presión para que a la entrada del compresor todo el refrigerante esté en estado de gas. El evaporador está situado entre el dispositivo de expansión y la tubería de aspiración del compresor. En el evaporador se produce un intercambio de calor entre el refrigerante y las paredes de éste: el refrigerante en estado de vapor saturado muy húmedo, entra al evaporador a la temperatura de ebullición correspondiente a la presión que tiene, el refrigerante absorbe el calor a través de las paredes del evaporador, haciendo que se evapore y por consiguiente, se obtenga vapor saturado seco. A su vez, este intercambio de calor se transmite al espacio que se quiere enfriar. Es muy importante que a la salida del evaporador todo el refrigerante sea vapor saturado seco ya que si no, el compresor se podría romper. Por este motivo, se debe tener en cuenta la colocación de un separador de líquido. Además es importante tener en cuenta, que las instalaciones que no disponen de un separador de líquido, tienen una eficiencia menor del evaporador debido a que su parte final prácticamente no trabaja ya que por ella solo pasa vapor saturado seco.

Condensador

El condensador es un elemento de la instalación frigorífica que se encuentra situado dentro del circuito entre la descarga de gas del compresor y el dispositivo de expansión. La función principal de un condensador es la de transformar un fluido en forma de gas en líquido. Se trata de un cambiador de temperatura por el cual entra el gas sobrecalentado, y gracias al alto coeficiente de transmisión de calor que tiene el condensador, el gas que recorre el condensador va cediendo calor hasta que su estado pasa a líquido. Dentro de un condensador hay tres zonas, en la primera de ellas, los vapores provenientes de la descarga del compresor son enfriados hasta su temperatura de saturación, para después ser condensados y finalmente en algunos casos el refrigerante es subenfriado por debajo de la temperatura de condensación.

Dispositivo de expansión

Los dispositivos de expansión son los encargados de regular el caudal de líquido refrigerante desde la línea de líquido al evaporador a una velocidad compatible con la vaporización del líquido que está ocurriendo en el evaporador. Mantienen la diferencia de presiones entre alta y baja presión del circuito con el fin de que el refrigerante se convierta en gas a las condiciones de presión adecuadas en el evaporador para el buen funcionamiento de la instalación. Están situados justo después de la salida de líquido refrigerante procedente del condensador y antes del evaporador.

5. Motores principales: MAK 9M25

En la sala de máquinas debemos diferenciar entre diferentes momentos, ya que dependiendo de la situación, las condiciones son unas u otras. Así que las diferentes situaciones que se dan cada vez arrancamos son las siguientes:

1. Preparación para la puesta en marcha
2. Arranque del motor
3. Cuidados durante la marcha del motor
4. Después de parar el motor

Así que a continuación procedemos a diferenciar entre las diferentes situaciones y como en cada momento lo que tenemos es diferente, lo que deberemos hacer también es diferente.



Img.78: Motor MAK 9M25

5.1. Preparación para la puesta en marcha

Antes de arrancar la máquina, bien por primera vez, o bien después de una larga reparación, debe procederse en primer lugar a engrasar cuidadosamente todas sus partes. Con la bomba de lubricación, debido a las dimensiones del motor, se impulsará el aceite por todos los circuitos de engrase hasta conseguir una libre circulación por todos ellos. Con las tapas del cárter abiertas se observará si el aceite rebosa por los bulones del pistón y si ello no ocurre se girará el eje cigüeñal con el virador hasta conseguirlo en todos los cilindros; se mirará también el retorno del aceite que refrigera el fondo del pistón, así como la llegada de aceite a las ruedas dentadas, eje vertical o poleas de cadena que sirven para transmitir el movimiento al eje de camones.

Se verterá aceite a mano por todos los agujeros de engrase en las levas y rodillos de distribución y se apretarán todos los engrasadores de presión. Los depósitos de engrase automático de las camisas de cilindro, patines y compresor se accionarán a mano varias vueltas a fin de impulsar el aceite por las toberas laterales que lubrican los pistones; esta operación se debe realizar también después de paradas de corta duración, porque el calor de funcionamiento mantiene muy fluido el aceite y al parar se escurre por la pared del cilindro cayendo al cárter y dejando casi seca la camisa, de modo que el arranque en estas condiciones puede originar el agarrotamiento del pistón.

Todos los grifos purgadores de aire en los circuitos de engrase estarán abiertos en los primeros momentos, hasta que por ellos solamente salga un chorro continuo de aceite.

Se inspeccionaran los filtros de aceite, las válvulas automáticas en las cisternas de nivel constante y los filtros de combustible, limpiándolos en caso necesario.

Si durante la parada no se han revisado los inyectores conviene desmontarlos y limpiar con un alambre los agujeros de su tobera. También engrasar las agujas con valvulina.

Debe observarse si los mecanismos de distribución funcionan con normalidad. Para esto, con los grifos de indicador abiertos, se gira la máquina lentamente con el virador y se atiende al movimiento de rodillos y levas durante dos revoluciones por cada cilindro. Los rodillos deben girar suavemente desde que entran en contacto con el bulbo del camón; las levas han de moverse sin los saltos que acusan el agarrotamiento del correspondiente vástago en su guía. Desde luego, se habrán comprobado anteriormente los huelgos entre rodillos y camones, corrigiéndolos si fuera de menester.

También se suponen comprobados los espacios muertos en la bomba de barrido y en el compresor. Todas las válvulas y grifos de purga de estos órganos deben abrirse para desalojar el aceite y el agua que haya depositados, luego cerrarse, pero no del todo, a fin de completar esa purga durante los primeros minutos de funcionamiento.

Se llenan los tanques de consumo de combustible y se abren todas las válvulas y grifos que los comunican con el motor. Se purgan de aire las bombas de combustible mediante el pulsador a mano teniendo abierto el tonillo de prueba; cuando dejan de salir burbujas se cierra el tornillo y se dan tres o cuatro impulsiones más.

Abiertos los grifos de indicador, los de purga del colector de escape y los de prueba en las tubulares de escape, se gira la máquina dos vueltas a fin de impulsar por aquéllos el agua que eventualmente puede haber en los cilindros y compresor. Esta agua puede proceder de los espacios refrigerados que se desmontaron para reparar, o bien, puede ser agua de lluvia que ha entrado por tubo de escape cuando el silenciador no estuvo instalado para impedirlo. Si es grande la cantidad de agua en el cilindro, debe llevarse el pistón a su PMS y comunicar con la botella de soplado, haciendo entrar aire comprimido hasta que por el grifo de indicador salga sin arrastrar humedad.

Se da circulación de agua a las camisas y cabezas de cilindro, a los fondos del pistón (cuando son refrigerados por agua) y a las válvulas de escape, sirviéndose de la bomba independiente que ya no se para hasta que el motor va a régimen normal. En los primeros momentos de esta circulación, hay que abrir todos los grifos de purga para desalojar las bolsas de aire. Si la temperatura ambiente es tan baja que se teme no conseguir fácilmente los primeros encendidos, conviene calentar el motor previamente; para tal fin se hace circular por sus camisas y cabezas de cilindro el agua caliente que descarga la circulación de algún motor auxiliar; en tal caso, es la primera operación preparatoria a realizar, porque se necesitan varias horas para alcanzar, con este sistema, un calentamiento apreciable de la gran masa del motor principal. En muchos casos existe una comunicación de vapor entre la caldera y el circuito refrigerante, posibilitando un más rápido calentamiento, pero hay que cuidarse de no mandar mucha presión a las camisas, porque sus empaquetados no están preparados para resistirla, además, una elevación de temperatura demasiado súbita puede provocar roturas en algunas piezas importantes.

Además de todo lo comentado anteriormente, ninguna herramienta ni objeto suelto debe estar encima del motor cuando éste quede listo para el arranque. Para arrancar debe haber una presión mínima de aire de 12 Bar.

5.2. Arranque del motor

Una vez funcionando las circulaciones auxiliares de agua y de aceite y todo preparado como se ha dicho, conviene comunicar la botella de inyección con el colector de soplado dando a este una presión de 40 a 45 Bar, para lo que se maneja el regulador de soplado y el grifo de purga.

Se abre en la botella de soplado la válvula de entrada desde el compresor. Seguidamente, se comunica con la máquina el aire de arranque y seguidamente se llevan las palancas de mando a la posición de arranque. Después que el motor da varias revoluciones y su velocidad se acelera, se deben llevar las palancas a la posición de “servicio”.

Durante estas operaciones hay que tener abierta la válvula o grifo de aspiración del compresor desde la atmósfera y mantenerla en esa posición hasta que se termina de restituir a las botellas de inyección y de arranque la presión inicial gastada parcialmente en el arranque. Tal debe ser el principal objeto conseguido por el compresor durante el primer período de funcionamiento: además de suministrar el aire necesario para el soplado, volver a cargar las botellas hasta la primitiva presión. Una vez alcanzada ésta, se estrangula la válvula reguladora de aspiración con arreglo al aire consumido por el motor en régimen normal y el compresor continúa funcionando más descansado. La presión que se debe alcanzar en las botellas al final de la carga debe ser algo superior a la que se desea mantener luego en ellas, porque después de la carga conviene purgar aquellos depósitos a fin de evacuar el agua de condensación y el aceite que hayan podido introducir arrastrados por el aire comprimido; si la purga se hace tan intensa como conviene, la presión en la botella desciende un poco; además, el aire llega siempre algo caliente y más tarde se enfría contrayéndose, lo cual disminuye aún aquella presión.

El arranque de la máquina debe realizarse siempre sin suministrar trabajo externo; se arrancará con el motor desacoplado, y la resistencia a su giro se conectará cuando las temperaturas del agua refrigerante, del aceite y del escape hayan alcanzado los parámetros normales correspondientes a la marcha en vacío.

Cuando se cierra la válvula de arranque en la cabeza de la botella, después de repetidos arranques, no debe apretarse demasiado, porque la expansión del aire, al pasar por ella, produce un intenso enfriamiento; si entonces se cierra con demasiada fuerza, ocurrirá que, al calentarse más tarde el vástago hasta tomar la temperatura ambiente de la cámara de máquinas, se dilatará, aumentando aún más el apriete de la válvula contra su asiento. Con ello se estropea la superficie de contacto entre ambas piezas y a la larga se presentarán fugas de aire; además, se clava la válvula en su asiento. Con ello se estropea la superficie de contacto entre ambas piezas y a la larga se presentarán fugas de aire; además se clava la válvula en su asiento tan fuertemente, que resulta difícil girar el volante para abrirla.

En algunos casos ocurre no disponer de aire comprimido para el arranque ni se tienen medios de accionar los compresores independientes; entonces hay que auxiliarse con una o varias botellas de ácido carbónico, de las que ordinariamente se emplean en la industria para otros muchos fines. El citado gas es muy apropiado para este objeto por ser absolutamente inerte, no reaccionando con el combustible ni con el aire, aparte de ser inofensivo para los materiales con que ha de tomar contacto.

Por usarse en envases muy parecidos a otros gases, se dan muchos casos de error que pueden ser peligrosos tanto para la máquina como para el personal. Particularmente perjudicial es arrancar con una botella de oxígeno creyendo que es ácido carbónico, pues tan pronto como el oxígeno toma contacto con el combustible o con el aceite lubricante de la camisa, se produce una explosión que puede tener consecuencias muy funestas. En todo caso, debe comprobarse antes de su empleo que el gas contenido en la botella es ácido carbónico; para ello se amarra a la punta un alambre un poco de algodón mojado en petróleo y, una vez encendido, se acerca frente a la válvula de la botella abriéndola un poco; el gas carbónico apaga la llama, mientras el oxígeno la activa y alarga extraordinariamente.

Si en varios intentos sucesivos no se consigue el arranque, la expansión del gas carbónico habrá enfriado tanto la botella que se encontrará todo en estado líquido y no saldrá de ella aunque la válvula esté totalmente abierta; la botella se recubre de una capa blanca producida por la humedad ambiente congelada en su superficie. En ninguna circunstancia debe aplicarse una fuerte llama a la botella para vaporizar el ácido, porque esto podría provocar la explosión del depósito; no queda otro remedio que esperar a que se vaporice lentamente por sí solo; todo lo más que puede hacerse es acelerar esa vaporización metiendo la botella en un recipiente con agua caliente.

El arranque de motores de inyección directa es más sencillo, pero exige mayores cuidados que el de motores con soplado. A causa de la mayor presión máxima con que trabajan las máquinas de inyección directa y la forma explosiva de la primera parte del proceso de combustión hay que evitar por todos los medios un arranque con golpes bruscos de presión en el cilindro. La falta del aire de soplado actuando como refrigerante del combustible permite que los primeros encendidos con el sistema de inyección se produzcan tan pronto funcionen las bombas; pero si es muy baja la velocidad de giro, cuando conectamos a combustible, como el regulador en ese momento consiente a las bombas dar su máximo rendimiento, tendremos en el cilindro una gran cantidad de petróleo inflamado con gran avance de tiempo respecto al punto muerto alto y la presión final del curso ascendente del pistón tomará valores muy elevados. Se producirán fuertes explosiones levantando las válvulas de seguridad y fatigando innecesariamente a las piezas motoras. El arranque lento pero con gran introducción origina, además, un rápido desgaste de los cojinetes por la enorme presión que deben soportar y también a ello se debe, en muchos casos, la rotura del metal antifricción.

Por estas causas, con la inyección directa hay que embalar el motor con aire de arranque, no conectando el combustible hasta que su velocidad sea bastante alta, a pesar de que los

encendidos podrían producirse con muchas menos revoluciones. Cuando las válvulas de arranque en las cabezas de cilindro son del tipo automático, no se dispone en el motor mecanismo alguno para desconectar las bombas de combustible, de manera que la inyección se realiza en cuanto gira la máquina, pero en cambio existe una palanca que independientemente del regulador, no permite a las bombas más que un pequeño gasto en la impulsión.

En ninguna clase de motor diésel se favorece el arranque vertiendo previamente en los cilindros bencina o gas-oil, como frecuentemente se hace en motores de explosión. Todo combustible sin pulverizar es de difícil encendido aunque tenga muy bajo punto de inflamación, de manera que con esta forma de proceder no se conseguirá más que ensuciar la cámara de combustión. El líquido vertido previamente no arderá antes que el inyectado por la tobera y su combustión, además de hacerse con retraso en un momento inoportuno, será incompleta, dejando residuo y manchando de hollín.

5.3. Cuidados durante la marcha del motor

Una vez en marcha el motor y visto que las circulaciones de agua y aceite sin dificultad, hay que cerciorarse de que todos los cilindros trabajan. Para ello se abren sucesivamente los grifos de indicador y se observa si por ellos sopla el aire durante la compresión seguido de una llama o chispas encendidas durante la combustión.

Se observan en seguida los manómetros para regular las presiones, llevándolas a las cifras prescritas por la fábrica.

La presión de descarga del compresor (en motores de soplado) se ha de regular de manera a obtener en la botella de inyección unas 5 Atm. Más que la presión deseada para el soplado. Las presiones medias durante el funcionamiento normal, al final de cada fase, son las siguientes:

Fases:

- I- 3.2 – 4.0 Atm.
- II- 14.5 – 18.5 Atm.
- III- 45 – 65 Atm.

Si las presiones finales de la I o II fase son más altas que lo normal, indican inestabilidad en las válvulas de aspiración de la fase siguiente. Los aumentos súbitos de la presión intermedia entre dos fases acusan que alguna válvula ha quedado colgada en su guía, o la interposición de un cuerpo extraño entre el plato y su asiento. El descenso lento y continuado de las presiones anteriores sin que el régimen de marcha haya variado, indica fugas en la válvula aspirante de la primera fase.

Cada hora se deben purgar la botella de inyección y los refrigeradores intermedios entre las fases, manteniendo las válvulas de purga abiertas durante cinco o diez segundos y observando si la cantidad de agua purgada es anormal, pues en tal caso habrá que purgar con mayor frecuencia para evitar acumulaciones apreciables que son muy perjudiciales.

El circuito de agua refrigerante también debe atraer la atención constante del maquinista. Las válvulas de escape, cuando son refrigerados o llevan circulación en sus guías, exigen el mayor cuidado; la circulación debe salir de ellas templada y no fría, pues esto último indica que las incrustaciones en las paredes interiores de la válvula tienen bastante espesor, impidiendo una buena transmisión del calor y pudiendo ocasionar agarrotamientos del vástago.

La descarga de circulación en el cilindro compresor y en su refrigerador de aire debe salir lo más fría posible, y en todo caso a no más temperatura de 25 a 35 °C, para permitir que un buen rendimiento de compresión. De los cilindros de trabajo a las tapas de cilindro debe descargar el agua a 35° hasta 50°C; del pistón (cuando su fondo va refrigerado con agua) a 30° hasta 45°C, y del colector de escape y silenciador a 60° hasta 70 °C. Si la temperatura en alguna de estas partes sobrepasa los límites que indicamos sin poderla detener a pesar de funcionar correctamente la bomba de circulación, hay que reducir el régimen del motor quitándole carga o revoluciones e incluso llegar a la parada completa. Si por algún descuido ha llegado alguna pieza a tomar temperatura exagerada, no se la debe enfriar rápidamente activando de golpe la circulación, porque esto podría provocar la rotura de la cabeza o válvula de escape, agrietar el cuerpo de esta válvula o causar el agarrotamiento del pistón en la camisa; en tal circunstancia hay que ir aumentando muy poco a poco la refrigeración de la parte excesivamente caliente y, de no conseguir un enfriamiento lento, hay que parar y dejar que ella sola vuelva a la temperatura normal.

La razón de mantener la temperatura de la circulación bajo los límites citados consiste en que, a mayor calor del agua corresponderá en la superficie interior de las piezas una temperatura demasiado alta, no sólo para su resistencia mecánica, sino también para su lubricación. Así, la camisa quedaría completamente seca porque el aceite lubricante se descompone y vaporiza, de manera que los aros del pistón rozarían con gran resistencia y, aparte del peor rendimiento mecánico así obtenido, tendríamos un gran desgaste de la camisa. Además, el excesivo calor en el pistón lo deforma y dilata demasiado, provocando su agarrotamiento.

Tampoco conviene funcionar con una descarga de circulación muy fría. De la cabeza del cilindro no debe salir a menos de 35°C, cuando el motor marcha a régimen normal. Una menor temperatura indicará que los espacios de agua tienen las paredes cubiertas con una capa de sales cuya limpieza es muy necesaria para facilitar la buena transmisión del calor.

El circuito de engrase es otra de las principales atenciones que debe cuidar de continuo el personal de servicio, porque su interrupción, como consecuencia de un taponamiento en la tubería o de excesivo huelgo en las articulaciones por donde ha de pasar el aceite, puede causar averías muy graves. Además, el número de juntas en los tubos y lugares a engrasar, hace muy fáciles las fugas, apenas visibles, pero numerosas y continuas, representando un apreciable gasto de aceite que debe reducirse al mínimo posible.

Tan perjudicial como la falta de lubricación es, en algunos casos, su exceso. Particularmente, demasiado aceite en los cilindros de trabajo produce un escape negro, ensuciando las válvulas y el pistón, agarrotando los aros y causando inestaqueidades en la cámara de compresión. Tal resultado se origina, aunque el engrasador de cilindros vaya a marcha reducida, si la presión en el circuito principal de lubricación es demasiado alta y la abundancia del aceite facilita su entrada a la cámara de combustión. En motores con

pistones en tronco suele ocurrir que, por desgaste del bulón, puede pasar aceite desde el cojinete de pie de biela a los extremos del bulón y, como éste se encuentra por encima de los aros recogedores, encuentra paso franco a la parte superior del pistón donde se quema y se descompone.

Si en el trabajo periódico de revisión del pistón se encuentra a éste y su camisa demasiado secos, hay que aumentar el gasto de engrasador de cilindros, porque aquello acusa defecto de engrase.

Excesiva lubricación del compresor origina arrastres de aceite hasta el refrigerador de aire, formándose allí una película grasa que cubre interiormente los tubos, impidiendo la buena transmisión del calor y, además, los vapores de aceite pueden explotar dentro del refrigerador o en la fase siguiente. El compresor debe ser lubricado con aceite especial de compresores o en su defecto con un excelente aceite mineral de alto punto de inflamación.

La presión del aceite se debe mantener ordinariamente entre 0.8 y 1.5 Atm. para la lubricación de cojinetes, y entre 2 y 3.5 Atm. para el ramal que va a refrigerar los fondos de los pistones.

Cuando la presión de aceite desciende bajo las cifras normales prescritas por la fábrica, puede ser causado por encontrarse sucio el filtro o asentar mal las válvulas de la bomba. En general, con las bombas rotativas de engrase ordinarias, no es frecuente esta última causa. La primera se corrige en seguida cambiando la conexión al filtro de respeto y desmontando para limpiar el que se encuentre obturado. En caso de que la presión descienda sin que se pueda detener, es preciso parar la máquina o auxiliarse con la bomba auxiliar independiente hasta que se corrija el defecto.

Cuando la máquina ha marchado algún tiempo (una o dos horas) después de una larga reparación, es recomendable hacer una prueba del aceite de engrase. Para ello se recoge en un vaso de cristal un poco de aceite descargado por la bomba y se le deja reposar durante unas seis horas, observando después si ha depositado agua en el fondo del vaso. En tal caso no se debe seguir funcionando más que el tiempo indispensable y, una vez para la máquina, hay que hacer una revisión minuciosa de las juntas y empaquetados de las cámaras refrigeradas por agua, reapretándolas y probándolas a presión. El aceite debe depurarse con centrifugas separadoras antes de volver a poner en marcha el motor.

Particular cuidado hay que conceder a la purga de agua que puede existir junto con el petróleo combustible. Si el trasvase desde los tanques de reserva a los tanques de consumo no se hace con interposición de centrifugas depuradoras, conviene dejar reposar el combustible durante el mayor tiempo posible. Generalmente se disponen dos tanques de consumo independientes, de modo que una vez consumido uno de ellos se desconecta y llena en seguida, cerrando después todas sus comunicaciones; pero antes de agotar el contenido del otro tanque, se procede a la purga del que está lleno, mediante el grifo de fondo. En ningún caso debe pretenderse consumir toda la capacidad de estos depósitos; hay que cambiar de tanque cuando aún queda un palmo de líquido, pues en otro caso llevaremos la motor el agua e impurezas depositadas en el fondo.

El escape del motor debe ser observado a menudo. Un escape débilmente coloreado de azul acusa funcionamiento correcto. El escape negro y denso indica combustión

incompleta a consecuencia de mala pulverización o demasiada inyección en algún cilindro.

Durante la marcha de la maquina hay que prestar constante atención para advertir lo más pronto posible cualquier ruido extraordinario. Los ruidos periódicos anormales pueden proceder de encendidos a destiempo o excesiva holgura en un cojinete. En caso de duda conviene sacar rápidamente un diagrama del cilindro sospechoso; si el diagrama es normal hay que suponer que el ruido tiene un origen puramente mecánico. Si no se acierta a determinar cuál es el cojinete que golpea se puede reducir la velocidad, desconectar la bomba de combustible a ese cilindro y observar el movimiento del gancho de indicador al mismo tiempo que se tiene aplicado el oído contra el cárter de la máquina; de esta forma se determina el momento del ciclo en que aparece el ruido; cada cojinete golpea en una cierta posición del cigüeñal: la cabeza de biela, por ejemplo, golpea cuando el pistón se encuentra en punto muerto alto, etc.

Otra causa de golpes periódicos puede ser que la válvula de aspiración queda colgada por agarrotamiento del vástago en su guía. Entonces, al subir el pistón durante el curso de compresión va comprimiendo el aire hasta que su empuje contra la válvula se hace mayor que la resistencia de ésta al moverse, y el cierre se produce con un golpe del plato contra su asiento. Este defecto se reconoce por bruscos movimientos de la leva correspondiente, y se corrige engrasando bien el vástago mediante una jeringa que impulse el aceite a través de las espiras del resorte.

El primer ensayo de funcionamiento en un motor nuevo, o después de una importante reparación, debe durar poco tiempo --- unos diez a quince minutos ---, después del cual se han de abrir todas las tapas del cárter y tocar con la mano las piezas de trabajo, apreciando los calentamientos anormales. Si esto ocurre en algún cojinete hay que disminuir ligeramente su apriete y volver a arrancar otro corto lapso de tiempo.

Si la máquina ha recibido nuevos pistones hay que atender principalmente a que no se agarroten en sus camisas. Se observará de continuo en cada cilindro las temperaturas del agua refrigeradora de camisas y del aceite que circula por el fondo del pistón, parando la máquina tan pronto suba demasiado algún termómetro. El trastorno se presenta generalmente cuando el motor lleva de media hora a tres horas funcionando con normalidad, y es particularmente peligroso porque el pistón, ya caliente, se clava rápidamente en la camisa, tardando sólo pocos minutos, desde los primeros indicios y ruidos, en quedar agarrotado. Por eso conviene, después del reemplazo de un pistón, funcionar solamente durante una o dos horas sin carga y desmontarlo otra vez para observar si el roce se produce bien repartido o hay necesidad de reparar su superficie antes de ponerlo en marcha normal.

5.4. Después de parar el motor

Después de la parada definitiva del motor hay que continuar durante un corto tiempo (diez o quince minutos) haciendo la circulación de agua y aceite, valiéndose para ello de las bombas auxiliares independientes.

Mientras tanto, se han de cerrar todas las válvulas de aire de soplado y de combustible y abrir después todas las purgas del compresor, refrigerador intermedio entre las fases, y el colector de soplado para descargarlos completamente de presión.

Los tanques de consumo se llenaran a fin de que repose el combustible, decantando el agua e impurezas para conseguir un buen arranque en la próxima ocasión. Si las botellas de arranque o soplado no tiene su presión normal se pondrá a funcionar un compresor independiente para rellenarlas.

Una vez paradas las circulaciones de agua y aceite, se cierran todas sus comunicaciones y, si el tiempo es muy frío, se vacía el circuito de refrigeración para evitar que el agua se congele en su interior rompiendo los tubos o las piezas del motor. Si no es posible desalojar toda el agua por gravedad, conviene soplar la canalización con aire a muy baja presión, teniendo abiertos todos los grifos de purga.

Los grifos de indicador deben quedar abiertos.

Si la instalación está provista de disposiciones adecuadas para la depuración del aceite de engrase, debe depurarse éste auxiliándose de un tanque limpio y seco donde verter el aceite después de centrifugado y procurando prolongar la operación hasta agotar por completo el depósito de servicio, que vuelve luego a llenarse con el aceite limpio.

Se procede, además, a la limpieza del motor, enjugando el aceite, agua o combustible que puedan haber caído a lo largo de sus piezas. No hay que emplear algodón para esto, sino trapos viejos. El uso de algodón en la cámara de máquinas debe prohibirse estrictamente, debido a que es un material celulósico. Estos el tipo de tela más inflamable porque son más ligeros en textura y tienen más oxígeno que circula a través de ellos. El oxígeno es la fuente de combustible para el fuego y hace el encendido más fácil y más vigoroso.

Se ejecutan después los trabajos de conservación que correspondan según el tiempo que lleve cada pieza sin desmontar y de acuerdo con las prescripciones que se definan para cada elemento.

6. Averías del motor MAK 9M 25

A continuación vamos a proceder a analizar las diferentes averías que podremos tener en el motor MAK 9M 25, analizando las posibles causas que pueden ocasionar estos daños. Y se propondrán mejoras para poder prevenir la misma avería para situaciones futuras.



Img.79: Foto motor MAK 9M25

6.1. El motor no arranca

Contexto

Llega el día de salida del Buque Esperanza del Mar y se reúne a todo el personal de máquinas, cada uno en su respectiva posición.

Se procede a encender los siguientes elementos:

- Filtros automáticos de aceite
- Bomba de lubricación MP Er. Y Br.
- Bomba aceite de reductoras
- Ventilación zona de MMPP
- Bombas de combustible de los MMPP
- Bombas de AD, MMPP (circuito refrigeración baja temperatura)

Se desbloquean los MMPP y se avisa al puente de que ya se puede llevar a cabo el arranque. Entonces al intentar arrancar, no se consigue que los MMPP se pongan en funcionamiento. Se intenta de nuevo pero **los MMPP no arrancan.**

Causas posibles

1. La velocidad de arranque es insuficiente porque la máquina está cargada, o porque todos los cojinetes tienen demasiado apriete, o porque falta engrase a los pistones y camisas

Explicación:

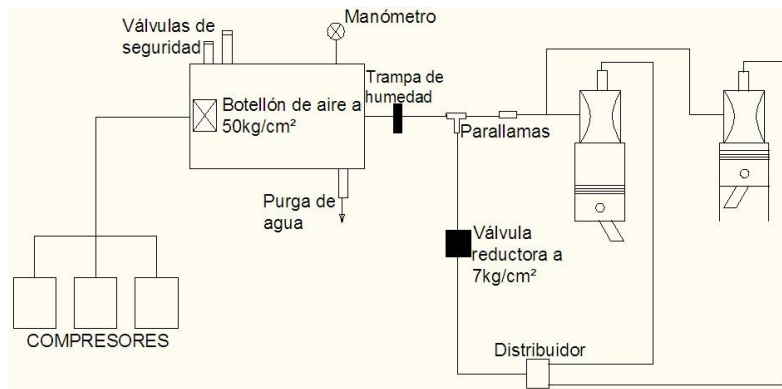
- La velocidad insuficiente significa que no genera suficiente temperatura en la cámara de combustión para que se pueda llevar a cabo la explosión y que gire el cigüeñal.
- Demasiado apriete de los cojinetes, hace que tanto el eje de levas como el cigüeñal no giren bien, haciendo que haya mal funcionamiento de las válvulas y pistones y haciendo así que no arranque el motor
- Mala lubricación o falta de engrase:
Si no tenemos los pistones y las camisas engrasadas de manera adecuada, no habrá movimiento de los pistones de manera que tampoco funcionara el motor o será posible que se produzca agarrotamiento del mismo.

2. La presión del aire de arranque es muy baja, o la válvula principal de arranque está muy estrangulada

Explicación:

- El compresor de aire de arranque no nos proporciona la presión adecuada, o bien en la instalación que lleva el aire hacia el motor hay algo que impide la llegada del aire.
- La válvula principal de arranque puede estar estrangulada porque nosotros la hemos cerrado parcialmente o bien porque tiene alguna fuga en la misma válvula o en la instalación

3. Las válvulas de arranque quedan colgadas o no cierran bien



Img.80: Esquema del sistema del aire de arranque

- Las válvulas de arranque son las que podemos ver por encima del cilindro, de manera que al no cerrar bien, es una posible salida del aire cuando se lleva a cabo la compresión, así que no aumenta la presión ni la temperatura y por eso no se lleva a cabo el arranque del motor.
4. Las bombas de combustible no impulsan
 - a. Tienen burbujas de aire
 - b. Sus válvulas no cierran bien
 - c. El empaquetado del vástago pierde mucho
 5. El combustible tiene agua
 6. Escasa compresión causada por fugas en las válvulas de la cabeza, o porque los aros del pistón no ajustan bien, o porque quedan agarrados en sus ranuras, o porque perdieron su elasticidad, o fueron quemados.
 7. Una válvula de aspiración o de escape queda colgada o no ajustada
 8. Hay agua o aceite depositados en el fondo del pistón

Soluciones propuestas

1. Lo principal para conseguir un arranque seguro es impulsar el motor con la mayor velocidad posible, obteniendo así una buena compresión y con ello una alta temperatura en el interior del cilindro. Si, a pesar de ello, no se consiguen los primeros encendidos, hay que buscar la dificultad que lo impide.

Desde luego, es inútil desmontar pieza alguna, así como impulsar con la palanca a mano las bombas de combustible. Ante todo, debe pensarse que la compresión no alcanza la temperatura necesaria para la inflamación del petróleo; conviene entonces probar si la compresión es correcta, es decir, si la cámara de compresión ofrece la necesaria estanqueidad.

Para ello, hay que llevar el pistón al PMS de la carrera de compresión y, comunicando con la botella de soplado, se observará si por grifo del indicador sale aire a presión; esto indica que la válvula de combustible está abierta, como así debe suceder. Se cierra entonces el grifo del indicador, con lo cual sube la presión en el cilindro por encontrarse cerradas las válvulas de aspiración y escape; si hay alguna fuga por los aros del pistón, válvulas o juntas de la tapa, se encontrará en seguida por el silbido del aire al salir. Esta prueba debe repetirse en varios de los cilindros del motor.

Si la prueba de estanqueidad ha dado un resultado satisfactorio, conviene buscar la falta en la bomba de combustible. Si, durante el intento de arranque, se notaron algunos encendidos aislados, se ha de pensar que proceden del combustible impulsado a mano al preparar la máquina y que la bomba no tiene suficiente fuerza para seguir impulsando por sí sola contra la presión de compresión; esta falta de fuerza en la bomba será causada por burbujas de aire en su interior, o inestanqueidad de su vástago, o de su válvula aspirante, o de sobrante.

El hecho de haberse observado algunos encendidos aislados demuestra que la compresión es correcta y dispensa de hacer la prueba de estanqueidad del cilindro, investigando desde el primer momento si las piezas que hemos citado de las bombas trabajan convenientemente.

Si en varios intentos no se ha notado ningún encendido y es satisfactoria la prueba de estanqueidad, hay que desmontar una válvula de la cabeza de cilindro (mejor la válvula de escape) y observar si en el fondo del pistón hay depositada agua o combustible. Hay que sacar entonces ese líquido metiendo trapos por el agujero de la válvula y teniendo buen cuidado de no olvidar extraerlos todos. El agua puede haber entrado por una fuga del espacio refrigerado en la tapa del cilindro, o también llegar arrastrada por el combustible, o por el aire de soplado; en el primer caso, hay que reparar la tapa; en los otros dos casos conviene purgar bien el depósito de combustible y la botella de soplado.

Teniendo la válvula de escape desmontada, puede hacerse una prueba de la bomba de combustible; llévase el pistón a una posición en que el inyector esté abierto y, con el aire de soplado incomunicado, se impulsa a mano el petróleo, observando si descarga por los orificios de la tobera.

Conseguido esto, se gira la máquina, para que cierre la aguja del inyector y se comunica el aire de soplado; impúlsese entonces a mano; si ello es posible, la bomba no trabaja correctamente, y lo probable será para su válvula de aspiración quede abierta, agarrotada; si, para vencer la contrapresión del aire de soplado, hay que auxiliarse de palancas a causa de la resistencia que opone el émbolo de mano, la bomba impulsa bien y debe pasarse a realizar la prueba en otro cilindro. Después de estas pruebas hay que purgar bien el colector de soplado, porque en él habrá entrado petróleo, cuya entrada al cilindro es muy peligrosa.

La falta de arranque sólo puede obedecer a escasa compresión, agua en el combustible, bomba defectuosa o poca presión de soplado. Si el mantenimiento

de la máquina se realiza bien y con la periodicidad debida, sin dejar pasar más tiempo que el prescrito para cada trabajo, nunca habrá dificultades para arrancar.

2. En el panel de la sala de control, vamos a fijarnos en los tiempos de trabajo del compresor que estemos empleando para el arranque y vamos a comparar estos tiempos con los que tenía cuando el motor arrancaba correctamente. A parte de tener en cuenta de la presión del aire de arranque tiene que estar entre los 12 y los 30 Bar de presión, para que el arranque se haga efectivo.
 - Si los tiempos son los mismos, quiere decir que tarda lo mismo en llenar el depósito de aire, por lo que es bastante probable que el compresor esté funcionando correctamente.
 - Si estos tiempos fueran diferentes, suele ser, el tiempo que tarda el compresor averiado, superior al tiempo que tarda cuando el motor arranca sin problema alguno. Entonces tenemos que proceder primeramente a estudiar los tiempos de trabajo hasta el momento y ver si es algo puntual o ya lleva tiempo con este error.

En caso de que sea puntual este aumento de tiempo de trabajo y luego vuelva a la normalidad, también podríamos considerar recomendable pulir las válvulas de alta y de baja, que se encuentran en el interior de este, pero no es algo urgente.

Pero si este tiempo superior al normal persiste y el compresor ha aumentado su tiempo de trabajo como hecho normal. Entonces sí que es urgente llevar a cabo el mantenimiento de las válvulas internas que hemos comentado.
3. En el caso de tener las válvulas de arranque que no cierran adecuadamente, lo primero que hacemos es ir a ver si hay algo que obstruya el cierre o se trate de alguna descomposición de la misma válvula.

En el caso de haber algún problema con alguna de las válvula de arranque llevaremos a cabo la extracción y desmontaje de la misma, y su rectificación en caso de que fuera necesario (es un mantenimiento que se hace, aunque no presente fallo, cada 30.000 horas de trabajo)

ATENCIÓN: Antes de comenzar cualquier tipo de trabajo en el sistema de arranque, cierre las válvulas principales de las botellas de aire de arranque, ventile los conductos y bloquee la válvula de arranque maestra.

- Secuencia de trabajo:

I. Desmontaje

- a. Retire la culata
- b. Afloje el tapón roscado (Fig. 1/1) y retírelo junto con el anillo de sellado (2).
- c. Afloje la tuerca de cierre (3) sujetando el huso de la válvula (4) con un destornillador.
- d. Extraiga la arandela grower (9), el pistón (5), la camisa elástica (6), el muelle de presión (7), el huso de la válvula (4), así como el cojinete (8) de la culata.
- e. Limpie con cuidado todas las piezas utilizando gasóleo.
- f. Compruebe el pistón (5), la superficie de asiento del huso de la válvula (4) y el asiento de la válvula (10).
- g. Los pistones rayados (5) se deben pulir con un paño fino esmerilado.
- h. Compruebe la fijación de la válvula de arranque. Para ello, compruebe los reflejos de contacto del asiento del huso de la válvula (4) en el asiento de la válvula (10) en la culata de la manera siguiente:
 - i. Aplique 7-8 trazos de pintura de retoque a la misma distancia del asiento del huso de la válvula (4).
 - ii. Introduzca el huso de la válvula (4) con el cojinete (8), la camisa elástica (6), el pistón (5) y la tuerca sin cierre automático. Gire el huso de la válvula aproximadamente 60-70°.
 - iii. Extraiga con cuidado el huso de la válvula y compruebe los reflejos de contacto. Extraiga la pintura de retoque.
- i. Si el reflejo de contacto es malo:
 - i. Aplique pequeños puntos de pasta Diamond distribuidos equitativamente por el asiento del huso de la válvula (4) mediante una jeringa. A continuación, rocíe toda la superficie del anillo de asiento con un diluyente (F25) para la pasta Diamond para que se diluya y aumente el grado de sujeción.
 - ii. Introduzca el huso de la válvula (4) con el pistón (5), la camisa elástica (6) y la tuerca sin cierre automático.
 - iii. Sujete el asiento de la válvula durante un instante. Para ello, gire hacia adelante y hacia atrás el huso de la válvula entre 6 y 8 veces a mano mediante el uso de un destornillador sin apretar demasiado. Suba el cono varias veces de modo que la pasta de sujeción pueda fluir hacia la superficie de sujeción.

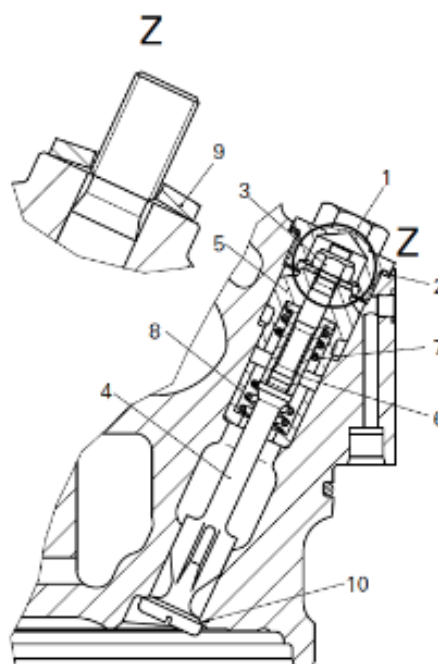


Fig.1: válvula de arranque

Retire con cuidado el huso de la válvula y vuelva a comprobar el reflejo de contacto que queda visible como resultado del proceso de sujeción.

- iv. Repita el proceso de sujeción si comprueba que el reflejo de contacto es defectuoso.
- j. Limpie con cuidado el huso de la válvula (4) y el asiento de la válvula (10) en la culata.

II. Montaje.

- a. Aplique pasta Molykote "G-Rapid" al pistón (5).
- b. El montaje se realiza siguiendo el proceso contrario al descrito en el proceso de desmontaje.
Preste atención a que la arandela grower se encuentre en la posición correcta de instalación (Z/9).
Apriete la tuerca de cierre nueva (3) con un par de apriete de:
 $M = 35 \text{ Nm}$.
- c. Sustituya el anillo de sellado (2). Apriete el tapón roscado (1) con un par de apriete de:
 $M = 250 \text{ Nm}$.

4. Si el problema está en las bombas de combustible:

4.1. Si vemos que el funcionamiento de la bomba es con aumentos de ruido intermitentes, es que tiene burbujas de aire en el combustible, de manera que se debe llevar a cabo la purga para poder quitar estas burbujas.

4.2. Las válvulas no cierran bien, así que lo que se hará en este caso es localizar las válvulas de las que estamos hablando.

Al localizarlas, miraremos si se trata de una rotura o de simple apriete, de la misma manera que puede que tengamos que sustituir las juntas para recuperar la estanqueidad.

4.3. En este caso concreto, se procede a parar la bomba y a desmontarla, para poder cambiar el empaquetado del vástago de esta.



Img.81: bomba de combustible MP

5. Si el combustible tiene agua, debemos llevar a cabo la recirculación de este a través de la depuradora de gasoil de la que hemos hablado anteriormente, ya que su función principal es la separación del lodo y el agua del gasoil, mediante centrifugado.

6. Si es por algo que provoca que no cierre o por alguna rotura y actuaremos debidamente en cada caso. Si el problema viniese de los aros del pistón, llevaremos a cabo una revisión de mismo, que, aunque no haya habido ningún problema, se debe hacer este mantenimiento a partir de las 7500 horas de trabajo.

- **Observación:**

Durante el control de los pistones, preste especial atención a los bordes afilados que existan en los segmentos del pistón, a la tensión de los segmentos o a la existencia de segmentos que se queden fijos como consecuencia de depósitos de carbonilla.

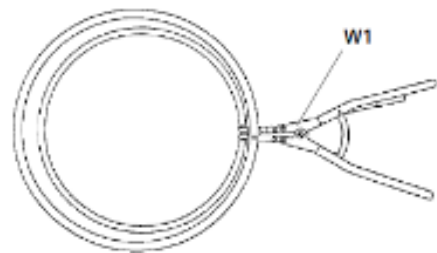
Dependiendo del criterio del personal, la revisión de los pistones se puede posponer hasta una fecha posterior, aunque no se deben exceder en ningún caso las 30.000 horas de funcionamiento y se debe realizar teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Las superficies de rodadura de todas las camisas interiores de los cilindros carecen de marcas, puntos pulidos, cualquier otro tipo de daño.
- Los componentes del pistón que se haya extraído deben estar en perfecto estado.
- Todos los segmentos del pistón deben carecer de ranuras.
- Ningún componente debe presentar un desgaste excesivo.

- **Secuencia de trabajo:**

I. Revisión del pistón (7.500h)

- a. Abra las tapas del cárter
- b. Compruebe las superficies de rodadura de las camisas interiores del cilindro de la cámara de la manivela.
- c. Extraiga de la camisa interior el pistón que peor funcione. Extraiga también el resto de pistones, en caso de que los segmentos de dichos pistones estén fijos o quemados.



- d. Retire los segmentos del pistón sólo con el expander para segmentos del pistón (Fig. 2/W1). Registre en la hoja de medidas la posición de las juntas de los segmentos con relación a la posición de instalación del pistón.
- e. Limpie los segmentos del pistón
- f. Compruebe el grado desgaste de la capa de cromo, en particular en la junta y en el lado contrario. Renueve todos los segmentos de este pistón si hay partes en las que no hay cromo visible

Fig.2: Aros de pistón

- Si la capa de cromo de un segmento está desgastada, compruebe los segmentos de todos los pistones.
- Limpie los pistones, las ranuras de los segmentos y las perforaciones de retorno del aceite de los segmentos de engrase.
 - Pule las pequeñas marcas de fricción con un paño fino esmerilado y humedecido en aceite o con una piedra carborundo. En caso de que el daño sea grande o que las marcas sean profundas, sustituya el pistón por uno nuevo.
 - Mida la anchura de la ranura h_N (Fig. 3) por la parte frontal de la ranura en dirección longitudinal y transversal del motor. Cuando se sobrepasen los límites, lleve las ranuras a MaK para que las vuelva a acondicionar.
 - Mida el grosor de los segmentos h_R (Fig. 3) por 4 puntos opuestos.

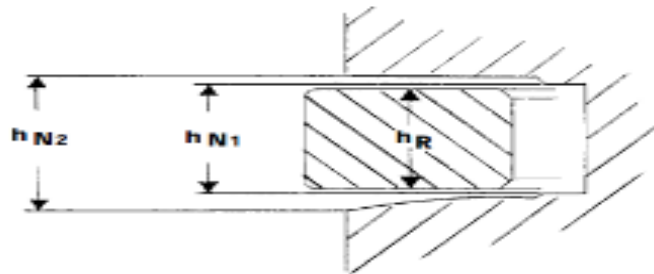


Fig.3: Ranura aro del pistón

 h_{N1} = nuevo

 h_{N2} = desgastado

- Calcule las holguras máximas y compruébelas con el **gráfico de valores de segmentos estándar del pistón**.

máxima Ranura	Grosor del segmento h_R	anchura de la ranura h_{N2}	Holgura
	Nominal mm.	Desgaste máximo mm.	$h_{N2} - h_R$ mm.
1(Anillo de empaquetadura del pistón)	6	6,45	0,50
2(Segmento de compresión)	6	6,45	0,50
3(Segmento de engrase)	8	8,20	0,30

- Introduzca los segmentos del pistón en las ranuras con la marca orientada hacia arriba y las juntas de los segmentos orientadas alternativamente el extremo del volante y al lado libre del motor respectivamente.
- Monte el pistón y todas las tapas del cárter.

II. Mantenimiento (30.000h)

- a. Abra todas las tapas del cárter y extraiga los pistones
- b. Compruebe el nivel de lubricación y la apariencia de la superficie de rodadura del pistón y límpiela
- c. Retire los segmentos del pistón sólo mediante el expander (Fig. 1/W1). Registre en la hoja de medidas la posición de las juntas de los segmentos con relación a la posición de instalación del pistón.
- d. Limpie todas las ranuras de los segmentos y compruebe el grado de desgaste de la capa de cromo. Si la capa de cromo está desgastada por algunos puntos, envíe el pistón a MaK, para que lo vuelva a acondicionar.
- e. Mida la anchura de la ranura h_N según el paso I.i de la secuencia de trabajo.
- f. Sustituya los segmentos de engrase y los segmentos de compresión
- g. Introduzca los segmentos del pistón en las ranuras con la marca orientada arriba y las juntas de los segmentos orientadas alternativamente hacia el lado del volante y al lado libre del motor respectivamente.
- h. Monte todos los pistones y las tapas del cárter.

7. Uno de los motivos para que una válvula quede colgada o no cierre bien es que se haya producido corrosión en algún lado de la válvula, por mínimo que sea, producirá pérdidas.

- Observaciones:

Antes de su instalación, los conos de asiento de las válvulas de admisión y de escape nuevos, reparados o usados, pero en perfecto estado, deben estar rectificadas conforme al **paso IV de la secuencia de trabajo**.

Puede que sea necesario rectificar los conos de las válvulas (**paso III de la secuencia de trabajo**) en los siguientes casos:

- A. Después de periodos de funcionamiento prolongados
- B. En caso de que los resultados del análisis sean negativos, es decir, superficies de sellado dañadas, sopladuras, reflejos de contacto irregulares del cono/asiento de la válvula.

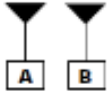
- Secuencia de trabajo:

I. Comprobación del estado de la válvula.

- a. La válvula se puede utilizar de nuevo sin rectificadas si:
 - La circunferencia de la superficie del cono de la válvula está pulida metálicamente.
 - La superficie del cono de la válvula no presenta bolsas de carbono con sopladuras.

- No se han encontrado fisuras en la superficie del cono de la válvula cuando se examinó con una lupa iluminada (de 8 aumentos) o el método de rociado de polvo (Met L'Check)
- La desviación de la rectitud no es superior a los siguientes valores.

Rango de medición " s " = **264 mm**


 = puntos de apoyo del dispositivo de control.

- La excentricidad radial del cono de la válvula no es superior a los siguientes valores:

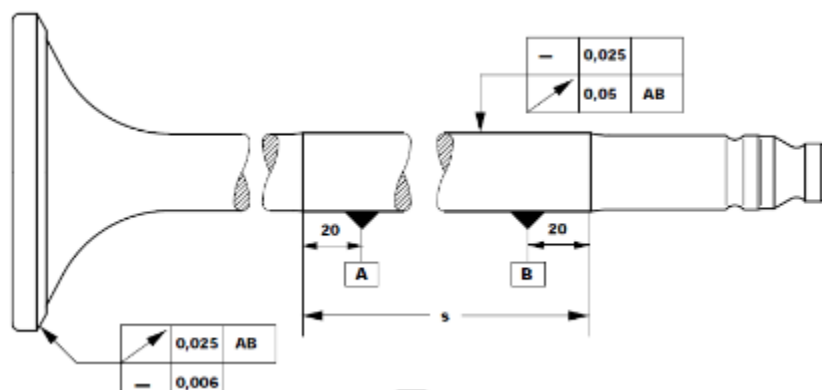


Fig.4: excentricidad radial del cono de la válvula máximo

- b. No se podrá volver a utilizar las válvulas en los siguientes casos:

- Si la superficie del cono de la válvula está dañada. (fisuras, sopladuras)
- El desgaste causado por el material corrosivo es **>el 2 %** del diámetro de la cabeza de la válvula (comparado con una válvula nueva).
- La zona cóncava " s " originada por la corrosión a alta temperatura en la parte inferior de la cabeza de la válvula es **> 1,5 mm.**

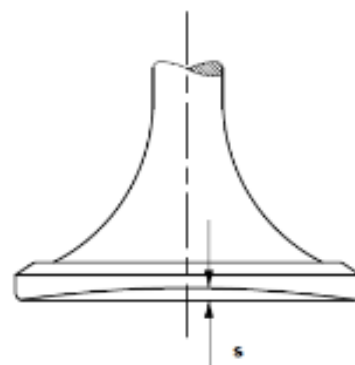


Fig.5: superficie válvula

- La parte inferior de la cabeza de la válvula muestra indicios claros de corrosión en la superficie (aparición de las típicas picaduras).

- Existen picaduras debidas a la corrosión y daños mecánicos en la zona del vástago de la válvula, la transición del vástago y la cabeza de la válvula.
- Se excede la dimensión máxima para la rectificación.

II. Limpieza

Limpie el husillo de la válvula, por ejemplo, mediante el estallido con cuentas de cristal.

ATENCIÓN: No está permitido realizar la limpieza con herramientas afiladas ni usar ácidos orgánicos (ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fluorhídrico, etc.)

III. Repare (rectificado del sellado (la superficie)).

Observación: El rectificado lo debe realizar un profesional con una rectificadora de precisión. Si no se dispone de una máquina de este tipo, se deberán enviar los conos de asiento de las válvulas a un taller oficial de MaK para que realice su rectificado.

- a. Rectifique la superficie de sellado conforme al ángulo especificado. No se debe llevar a cabo el rectificado de los chaflanes cóncavos que haya.

Cono de la válvula de escape=
Fig. 6

(Combustible pesado)

Cono de la válvula de escape= Fig. 7
(Combustible destilado)

Cono de la válvula de admisión= Fig. 8

(Combustible pesado y combustible destilado)

- b. Cuando se lleve a cabo el rectificado, se debe observar la información del fabricante relativa a la rectificadora.

- c. La dimensión comprendida entre el borde visible de la carcasa del material base "X" y el borde exterior del asiento se debe determinar una vez que se haya terminado el proceso de rectificado. El cono de la válvula se debe sustituir si la dimensión real

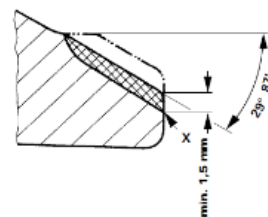


Fig.6: ángulo de sellado, cono válvula escape (fuel oil)

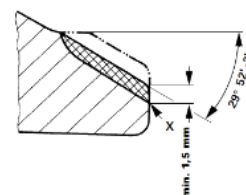


Fig.7: ángulo de sellado, cono válvula escape (combustible destilado)

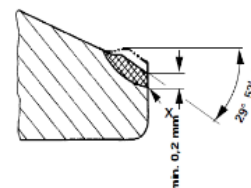


Fig.8: ángulo de sellado, cono válvula admisión (combustible destilado y fuel oil)

es inferior al valor mínimo. (Fig.6, 7, válvula de escape, Fig. 8, válvula de admisión).

- d. Borde exterior redondeado con una piedra.

ATENCIÓN: cuando se rectifica el cono de la válvula, también se deberá rectificar el asiento de la válvula.

IV. Mantenimiento. (comprobación del reflejo de contacto / rectificado)

- a. Aplique pequeñas dosis de pasta Diamond Dp 30/10 - 15 μm mediante una jeringa en el cono de la válvula o en el cono de la válvula, ya sea rectificada o nueva, y distribuya equitativamente la pasta (Fig. 9). A continuación, se debe rociar la superficie del aro del asiento con diluyente (F25) apropiado para que se diluya la pasta Diamond, con el fin de aumentar el grado de sujeción.

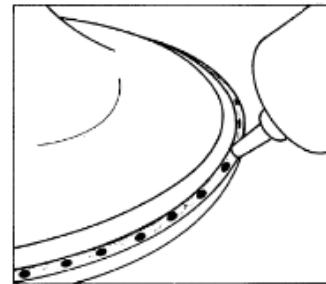


Fig.9: Reflejo de contacto válvula

- b. Una vez lubricado, introduzca el vástago de la válvula en la guía. Fije el dispositivo (Fig. 10/W1) a la cabeza de la válvula.
- c. Sujete el cono y la superficie de asiento girando el dispositivo hacia adelante y hacia atrás de 6 a 8 veces, aplicando una presión moderada a la cabeza de la válvula.

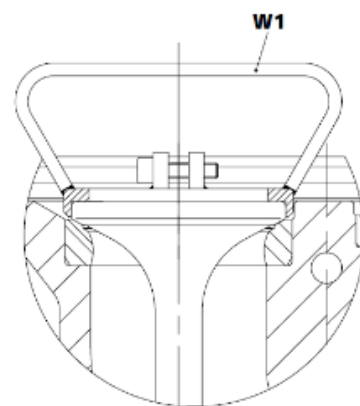


Fig.10: Dispositivo de fijación

Eleve el cono varias veces, de modo que la pasta de sujeción pueda regresar a la superficie de sujeción.

El área de contacto (Fig. 11/a), visible por el ligero proceso de sujeción no debe exceder el

30 - 50 % de la anchura del asiento "b"

empezando por el diámetro exterior.

- d. Si el reflejo de contacto es pobre, ambas superficies de sellado no se debe volver a rectificar si no es con la maquinaria apropiada.
- e. Asegúrese de que los componentes (cono de la válvula y aro del asiento) vuelven a quedar uno frente al otro y juntos.

f. Comprobación final.

- g. Asegúrese de que se mantienen los límites de rectificado.
- h. Limpie con cuidado el cono/asiento de la válvula y compruebe las superficies de sellado mediante una lupa iluminada (de 8 aumentos) o mediante el método de rociado de polvo (Met L'Check) para detectar fisuras en la carcasa de la zona adyacente.

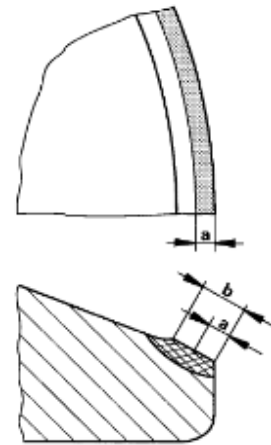


Fig.11: Área de contacto de la válvula

- 8. En el caso de que tengamos agua o aceite en el fondo del pistón, debemos introducir trapos al cilindro para poder limpiar todo el líquido de tal superficie, sacándolos posteriormente del interior del mismo.

6.2. Se oyen golpes al arrancar

Contexto

Se procede a arrancar los MMPP para maniobrar y se oye desde la sala de control un ruido fuerte y procedente de la sala de máquinas. Seguidamente se baja a la misma para ver de dónde viene exactamente este ruido y se ve claramente que tiene origen en los MMPP. Los golpes podríamos asimilarlos a detonaciones.

Causas posibles

1. Porque se conectan las bombas de combustible antes de que la máquina esté lanzada a la velocidad necesaria
2. Porque había combustible depositado en el cilindro o la válvula inyectora estaba llena, o había combustible en el tubo de soplado por haber impulsado a mano demasiadas veces.
3. Inestanqueidades en las válvulas de arranque (válvulas de aire que están por encima de cada cilindro y sirven para, gracias al aire a presión al pistón directamente, darle inercia al motor, para poder así arrancar), dejando pasar aire comprimido en momentos inoportunos.
4. La válvula de inyección queda colgada o no asienta

Soluciones propuestas

1. La inyección de combustible antes de tiempo puede hacer que haya combustible en un momento que no debe haber, dentro del cilindro y de allí los golpes. Entonces la solución en este caso suele ser regular la bomba de baja o bomba acoplada al motor, para que inyecte combustible en el momento oportuno.
2. Por la presencia de demasiado combustible en el cilindro, se oyen una serie de golpes que son detonaciones de este combustible que hay demás. Entonces la solución en este caso es la inyección de la cantidad exacta de combustible a mano y para ello tener claro cuánto combustible se impulsa cada vez y la de veces que se debe impulsar manualmente para llegar a la cantidad exacta necesaria.
3. En el caso de tener inestanqueidades en las válvulas superiores, procederemos a desmontar hasta llegar a ellas y veremos el motivo por el cual existe esta apertura. Si es por algo que provoca que no cierre o por alguna rotura y actuaremos debidamente en cada caso. Recuperando la estanqueidad, ya que la introducción de aire a presión en momentos inadecuados puede afectar al funcionamiento del motor, provocando una bajada de rendimiento muy alto. Porque por ejemplo,

supongamos que se está haciendo la expulsión posterior a la combustión y en ese momento se introduce aire a muy alta presión haciendo que el pistón no llegue al PMS y dejando gases de escape en el interior del cilindro.

El mantenimiento de las válvulas de arranque lo hemos comentado anteriormente en el punto 3 de las soluciones para el motor que no arranca.

4. La formación de trompetas de carbonilla en el inyector están causadas mayormente por una refrigeración insuficiente. El ataque corrosivo y la erosión, sin embargo, son la consecuencia si la temperatura del inyector es demasiado baja o la temperatura del aire de carga es demasiado baja o hay agua en el aire de carga. Sólo se puede garantizar un perfecto funcionamiento de las toberas de inyección a través del comportamiento del humo o de la temperatura del gas de escape. La válvula de inyección sólo se debe comprobar si existe una desviación significativa de la temperatura del gas de escape con respecto al valor medio. Una mala inyección en el dispositivo de prueba en el caso de inyectores con combustible pesado normalmente se debe a una limpieza deficiente de la válvula de inyección con aceite para combustible de gasóleo antes de realizar la prueba. La tobera de inyección se debe volver a limpiar con cuidado antes de sustituirla. Un descenso de la presión de apertura de hasta 20 Bar es normal después de un breve periodo de funcionamiento (normalización de los fenómenos del muelle del inyector y de la aguja).

- **Secuencia de trabajo:**

- I. Use un cepillo duro (no un cepillo de alambre) para retirar los residuos de carbonilla del inyector.
- II. Compruebe las perforaciones del inyector en busca de bordes afilados, indicios de ovalización, corrosión y daños.
- III. Coloque la válvula del inyector (Fig. 12/3) con el rácor (W2) en el probador de inyectores (W1).
- IV. Conecte los conductos de presión (W3) y apriételos.
- V. Afloje la tuerca hexagonal (1) y retírela junto con la conexión atornillada (2).

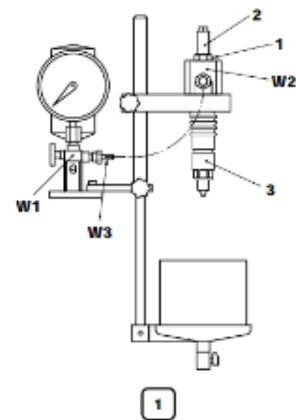


Fig.12: Limpieza del inyector

- VI. Aumente lentamente la presión mediante una bomba hasta que se expulse la válvula de inyección. Presión de apertura del inyector: Viene definido en el certificado de pruebas de aceptación.

****Repare la válvula de inyección si existe un gran volumen de fugas de combustible o sustitúyala.**

- A. Si existe una desviación en la presión de la inyección, afloje la contratuerca (Fig. 13/10) y establezca la presión de apertura especificada mediante el tornillo de ajuste (11).
- B. Monte la contratuerca (10), así como la conexión atornillada (2) y apriétela con el par de apriete correspondiente
- C. Asegure la conexión atornillada (2) con las tuercas hexagonales (1).

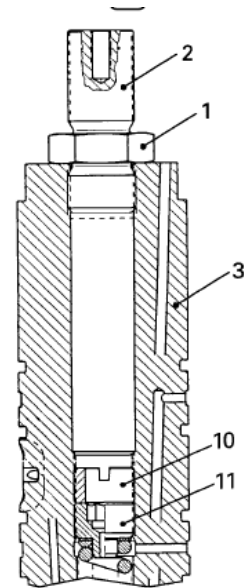


Fig.13: Zona superior
válvula inyección

6.3. El motor emite mucho humo en el escape

Causas posible

1. El motor va sobrecargado
2. La presión de inyección es escasa
3. Poca compresión en los cilindros
 - a. Desgaste excesivo de anillos y cilindros que provoquen holguras por donde escape el aire.
 - b. Válvulas de admisión o escape deterioradas que permitan el escape del aire en el tiempo de compresión.
 - c. Válvulas de admisión o escape mal calibradas que no permitan un buen sello en sus asientos.
 - d. Válvulas de admisión o escape torcidas o quemadas.
4. La aguja abre con retraso o no asienta bien
5. La regulación no es igual en todos los cilindros y algunos van sobrecargados, mientras otros no dan su potencia.
6. Caso específico de que los gases de escape sean azules
 - a. Aceite en la cámara de combustión
 - b. Aros del pistón agarrotados
 - c. Fuerte desgaste de la camisa:
 - i. Estrías
 - ii. Excentricidad
 - d. Guía de válvula o junta desgastada

Soluciones propuestas

1. Debemos recordar que en el caso de los motores diésel, la sobrecarga no viene definida por las revoluciones sino por la carga lo que determinan el consumo. De manera que si tenemos un motor sobrecargado, lo que vamos a hacer es bajar la carga que tengamos puesta, ya que sino esto puede llevar a:
 1. Válvulas quemadas
 2. Cabezas de cilindros agrietados
 3. Anillos de pistón rotos
 4. Reducción significativa de la vida útil del motor

2. Cuando tenemos presión de inyección escasa, procederemos a desmontar el inyector.

El fabricante pide expresamente que no se desmonte esta, excepto cuando hay alguna falta como por ejemplo fugas, presión de inyección insuficiente o mala inyección.

- Secuencia de trabajo:

I. Desmontaje:

- A. Desmonte el tornillo de cierre (Fig. 14/1) con la junta (2).
- B. Retire la contratuerca (4) y descargue el muelle del inyector (6) desatornillando el tornillo de ajuste (5).
- C. Cierre el soporte del inyector (3) en su posición y afloje la tuerca del inyector (10) con la sección adicional de la llave de tubo (W5) girándola en el sentido contrario al de las agujas del reloj y retírela.

D.

- E. ¡Extraiga el inyector (9) incluida la aguja del inyector (8) sin dañar las superficies envueltas! Preste atención a las varillas rectas (Fig. 15/20) de sujeción del inyector.

- F. Desmonte el tornillo de ajuste (Fig. 14/5) y retire el muelle del inyector (6) y la pieza de empuje (7).
- G. Lleve a cabo una inspección visual del resorte del inyector (6) y la pieza de empuje (7).
- H. Limpie todas las piezas con gasóleo.

- I. Lleve a cabo una comprobación visual de todas las piezas, particularmente del asiento y de las superficies de sellado.

Sustituya las piezas defectuosas.

- J. Introduzca la aguja del inyector (8) en el inyector (9) usando gasóleo y compruebe si la aguja del inyector cae sobre el asiento debido a su propio peso. Sustituya la aguja del inyector junto con el inyector en caso de que la aguja se quede parada.

II. Montaje

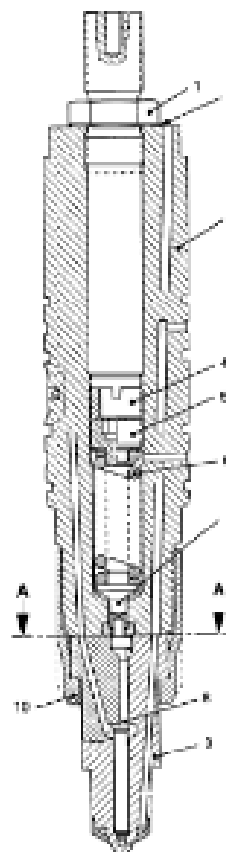


Fig.14: Inyector

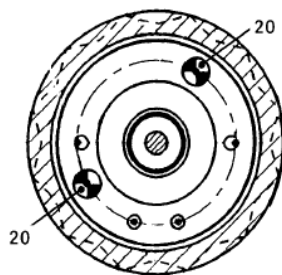


Fig.15: Inyector, vista ascendente

- A. Seque todas las superficies de sellado con un trapo limpio que no deje pelusa.
 - B. Aplique "pasta Molykote G Rapid plus" a la rosca de la tuerca del inyector (10) e inyecte el resto en la tuerca del inyector
 - C. ¡No dañe las superficies envueltas (inyector, aguja del inyector)! Alinee el inyector (9) junto con la aguja del inyector (8) con los pasadores rectos (Fig. 15/20), y sujételo con la tuerca del inyector.
 - D. Introduzca el resorte del inyector (6) con la pieza de empuje (Fig. 14/7) y atornille el tornillo de ajuste (5).
 - E. Cierre el soporte del inyector (3) en su posición y apriete la tuerca del inyector (10) con la sección adicional de la llave de tubo (W5) con un par de apriete de:
$$M = 750 - 800 \text{ Nm.}$$
 - F. Ajuste la válvula de inyección
 - G. Atornille la contratuerca (4) y apriétela con un par de apriete de:
$$M = 60 \pm 10 \text{ Nm.}$$
 - H. Centre el anillo de junta (2).
 - I. Monte el tornillo de cierre (1) y apriételo con un par de apriete de
$$M = 90 \pm 30 \text{ Nm}$$
3. Escasa compresión en el cilindro viene producido por los problemas que comentamos en la definición del problema y las soluciones de todas esas averías ya han sido tratadas anteriormente.
4. **En el caso de tener la aguja que no asienta bien sobre la base, la solución la hemos comentado anteriormente en el punto 4 de la avería anterior.
5. Si tuviésemos la situación de que un cilindro va sobrecargado, primeramente lo veríamos en el panel de la sala de control, porque la temperatura de la cámara de combustión sería más baja en los cilindros que menos trabajo aporten. De manera que la solución en este caso es accionar la bomba de inyección manualmente haciendo que se inyecte más combustible en el cilindro que hayamos visto que aporta menos trabajo. En el momento que introduzcamos más combustible veremos como la temperatura va subiendo en esa cámara de combustión y la haremos llegar al rango de trabajo de todas las demás cámaras de combustión, así las que estaban sobrecargadas volverán al rango normal de trabajo, solo como consecuencia de esta medida.

6.4. Escape con humo blanco

Contexto

Se arranca los MMPP y posteriormente se observa que por el escape sale humo blanco. Ya como primera idea se tiene en cuenta de que se trata de agua que se está evaporando. Pero se diferencia entre si es poca cantidad o mucha, ya que si fuese poca cantidad de humo blanco y como con forma de hilos delgados, en principio no hay motivo de preocupación, ya que probablemente es el resultado de la acumulación de condensación normal en el interior del sistema de escape. Así que, si fuera este el motivo, al navegar poco ya debería desaparecer este humo.

El problema aparece cuando el hilo de humo blanco es más grueso y denso de lo normal, el problema es más grave, ya que lo que se está quemando es líquido refrigerante probablemente.

Posibles causas:

1. Habrá agua dentro del silenciador
2. Pierde alguna junta del circuito refrigerante, o la cabeza de cilindro está agrietada
3. El motor trabaja demasiado caliente
4. Entra el aceite lubricante en la cámara de combustión
5. Agua en el combustible
6. Agua en el aire de soplado, por falta de purga o porque está roto el tubo de purga dentro de la botella de inyección
7. Los gases de escape se condensan debido a una temperatura exterior más baja
8. Agua en el canal del aire de sobrealimentación
9. Fugas en la culata
10. Culata con grietas

Soluciones propuestas

1. A continuación tenemos un dibujo seccional del turbo compresor y destacamos, en este caso particular, los siguientes puntos:

2100: Entrada gases de escape a turbina
2300: Salida gases de escape
2900: Aspiración aire compresor
2800: Silenciador

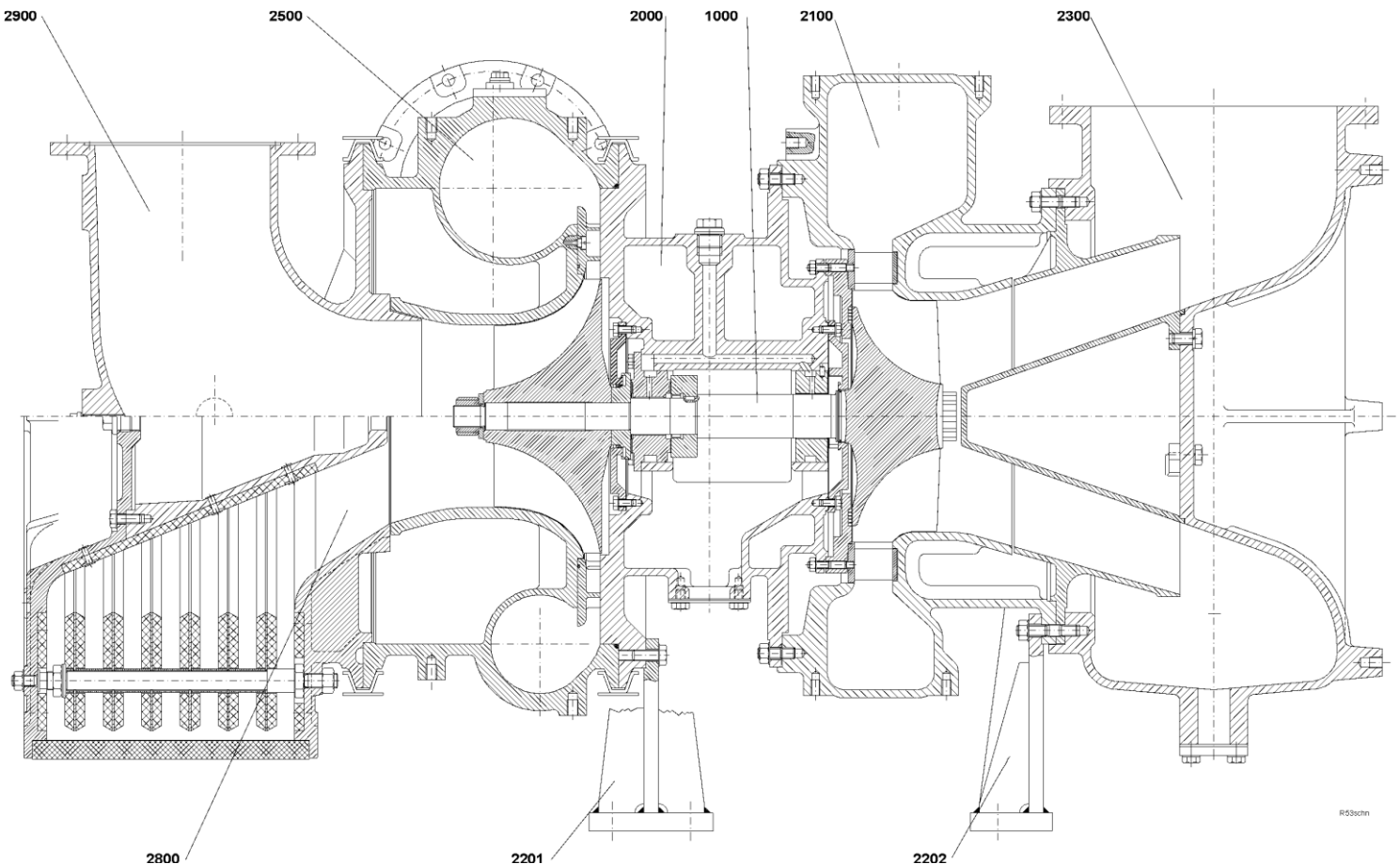


Fig.16: Estructura y sistema del turbocompresor

De manera que observando el esquema, podemos llegar a la conclusión precipitada de que por un ambiente húmedo en la sala de máquinas podemos llegar a tener agua en el silenciador y posteriormente en los cilindros.

La solución por la que optamos es desmontar el silenciador y limpiarlo, ya que el fabricante nos recomienda hacer este procedimiento cada 250 horas o bien cuando se necesite. Cabe recalcar, que este proceso suele ser hecho para la limpieza del silenciador de impurezas del ambiente. En caso de tener aire sucio en el ambiente, pues este elemento acabaría sucio y lo debemos limpiar.

Otro dato importante es que en la mayoría de casos en los que se lleva a cabo este proceso de limpieza, sólo hace falta limpiar la esfera de filtro. En estos casos, el silenciador puede quedar montado en el turbosobrealimentador.

Orden de trabajos:

- I. Extraer la estera de filtro (2813) del silenciador (2800), estirando en dirección contraria a la brida de empalme, con la chapa perforada (2816) permaneciendo en el silenciador.
- II. Sumergir la estera de filtro (2813) por aprox. 10 horas en un baño de limpieza (gasoil, percloroetileno). Después removerlos en el líquido y limpiarlos exteriormente con un pincel blando; luego exprimirlos y esperar a que se sequen.
- III. Desmontar la chapa perforada (2816) soltando los 3 tornillos M6 (sólo en el caso de un grave ensuciamiento de los revestimientos de fieltro (B)).
- IV. En el caso de ensuciamiento seco, límpiense los revestimientos de fieltro con un cepillo, y en el caso de suciedad untuosa, frótense ligeramente con gasoil. ¡De ningún modo deben lavarse con agua!
- V. Montaje de la chapa perforada (2816) y de la estera de filtro secos (2813) en orden inverso. Apretar la chapa perforada (2816) con fuerza en el soporte lateral antes de atornillarla

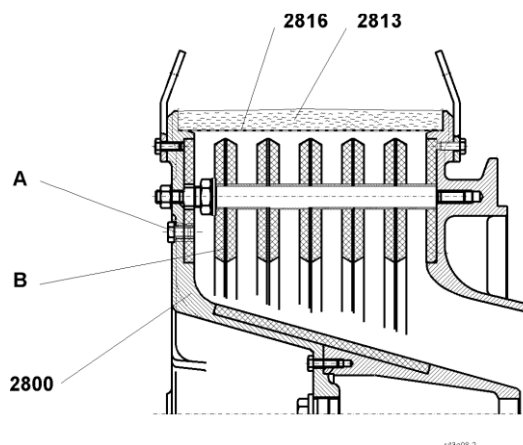


Fig.17: Silenciador del turbocompresor

2. En el caso de que pierda alguna junta del circuito refrigerante, o la cabeza de cilindro esté agrietada
 - 2.1. Compruebe que no hay fugas de gases de combustión en la junta situada entre la culata, la camisa interior del cilindro y la carcasa del distribuidor de agua de refrigeración/compruebe el agua de refrigeración por el agujero de control (Fig. 18/1).

En caso de que exista una fuga, afloje las tuercas de la culata y apriételas conforme a las especificaciones del fabricante. Si no puede eliminar la fuga, extraiga la culata, limpie y compruebe las superficies de sellado, móntela con anillos obturadores nuevos (si es necesario) y apriétela tal y como se especifica en el manual.

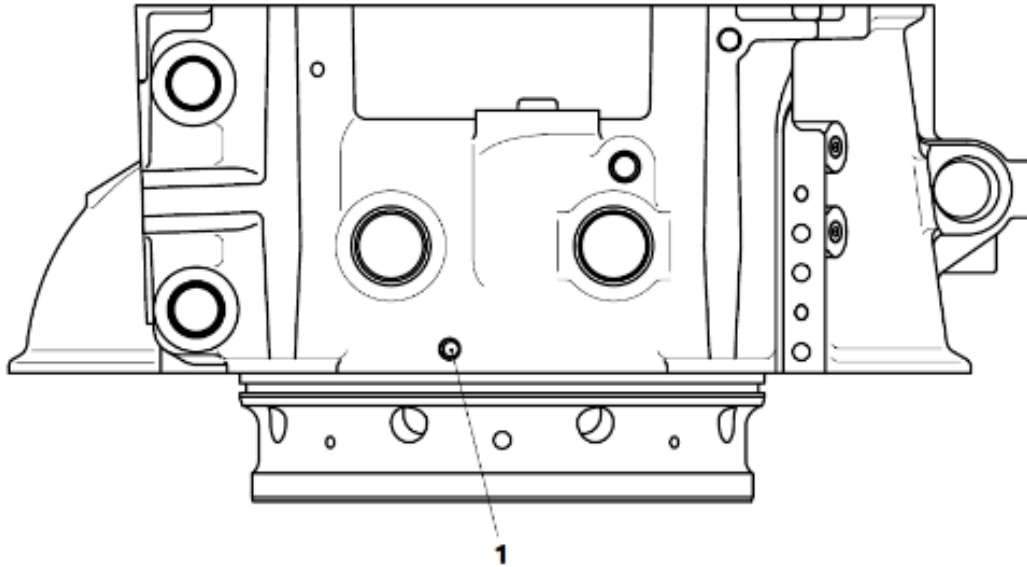


Fig.18: Junta situada entre la culata, la camisa interior del cilindro y la carcasa del distribuidor de agua de refrigeración

- 2.2. Compruebe la existencia de fugas en el exterior de la culata.
 - 2.2.1. Si hay una fuga de aceite lubricante, compruebe la sujeción de los tornillos de sujeción de la cubierta de la culata / compruebe si el obturador de caucho está dañado.
 - 2.2.2. Si hay fugas en las bridas de conexión de las líneas de suministro de medios, compruebe la sujeción de los tornillos de sujeción. Sustituya los obturadores si es necesario.
- 2.3. Retire la cubierta de la culata. Compruebe la parte superior de la culata.
 - 2.3.1. Compruebe el funcionamiento del rotor del dispositivo de rotación de la válvula.
 - 2.3.2. Compruebe si los muelles de la válvula están dañados.
 - 2.3.3. Compruebe el suministro de aceite lubricante para los balancines de la válvula y para los rodamientos de los balancines de las válvulas

3. El motor puede estar trabajando en caliente por los siguientes motivos:

3.1. Fugas de refrigerante

Se debe proceder a la supervisión de toda la instalación de refrigeración, en busca de pérdidas. En el caso de que existan estas, se debe estudiar cómo actuar dependiendo de las dimensiones de la fuga que se tenga.

Solo una fuga de dimensiones considerables puede hacer que el motor trabaje en caliente. Así que en este caso, se debería vaciar la instalación de agua y proceder a soldar y volver a crear una tubería estanca para poder navegar.

3.2. Mal funcionamiento de válvula termostática

Este problema en concreto, lo tuvimos durante la segunda campaña a bordo del buque Esperanza Del Mar. De manera que la situación que se le presentaba al personal de máquinas es la siguiente:

- Durante la navegación, se observa en el panel de control, como la válvula termostática que tenemos para la circulación de AD de baja temperatura se abre al 100 % y vuelve a cerrarse.

Ante esta situación, como medida provisional, se decide operar la válvula termostática de manera manual (en la imagen, el jefe de máquinas acciona manualmente la apertura y cierra de la válvula termostática), debido a que el buque se encontraba a escasos minutos de entrar en maniobra. La sorpresa aparece cuando se intenta operar manualmente esta válvula y no responde. De manera que se debía optar por otra solución, debido a que esta no era posible.

- A continuación bajan el jefe de máquinas junto al electricista naval a ver la válvula y se desmonta el capuchón de esta.
- El electricista estudia el circuito eléctrico de la válvula y se da cuenta de que hay un cable suelto.



Fig.19: Jefe de máquinas operando manualmente la válvula termostática



Fig.20: Cableado
válvula termostática

Este cable resulta ser del fin de carrera superior, de manera que el problema que tenía la válvula es que no localizada el fin de carrera, de manera que, por el circuito eléctrico que los une, tampoco se podía ni accionar manualmente ni esta respondía a las órdenes del sistema automático

Se vuelve a conectar este cable que se había soltado y la válvula pasa a funcionar perfectamente antes de la llegada de la hora de maniobra.



Fig. 21: Válvula
termostática
completa

3.3. Conductos de refrigeración taponados

- En el caso de que se tenga los conductos de refrigeración taponados, se podrá apreciar un aumento considerable de la presión de esta agua y, evidentemente, una mayor temperatura del agua, debido a la mayor dificultad para refrigerarse que tiene.
- En este caso, se procede a parar totalmente el sistema de propulsión y el sistema de refrigeración posteriormente, habiendo localizado anteriormente la posición donde se encuentra este taponamiento.
- Una vez se tenga parada toda la instalación, se procede a la retirada del elemento que obstruye el paso del agua, como por ejemplo óxido. Dejando así operativa la instalación de refrigeración de nuevo.

3.4. Fallo en el enfriador de placas

Como se puede observar en la imagen, el enfriador de placas són una serie de placas por las que pasan, en este caso tuberías de AD y otras de AS. Siendo un elemento el refrigerante y otro el refrigerado.

Estos enfriadores se pueden desmontar placa por placa, de manera que suponiendo que una de las posibles averías sea la rotura de alguna tubería o bien la rotura de alguna placa, haciendo que baje la eficiencia del enfriador. Estas placas se podrían sustituir sin problema alguno y volveríamos a tener el sistema de refrigeración operativo de nuevo.



Fig.22: Enfriador de placas desmontado para reparación

3.5. Temperatura del agua de mar demasiado alta

En la superficie de las aguas marinas tropicales, la temperatura mínima es de 20°C, la máxima de 30°C y la media de 27°C; en las subtropicales, 16°C como mínima, 27°C como máxima y 22°C como media; en las aguas boreal y anti boreal, la mínima es de 1°C, la máxima de 17°C y la media de 11°C; en el Ártico y Antártico, la mínima va de menos 3 a 1°C, la máxima es de 9°C y la media de menos 1 a 5°C.

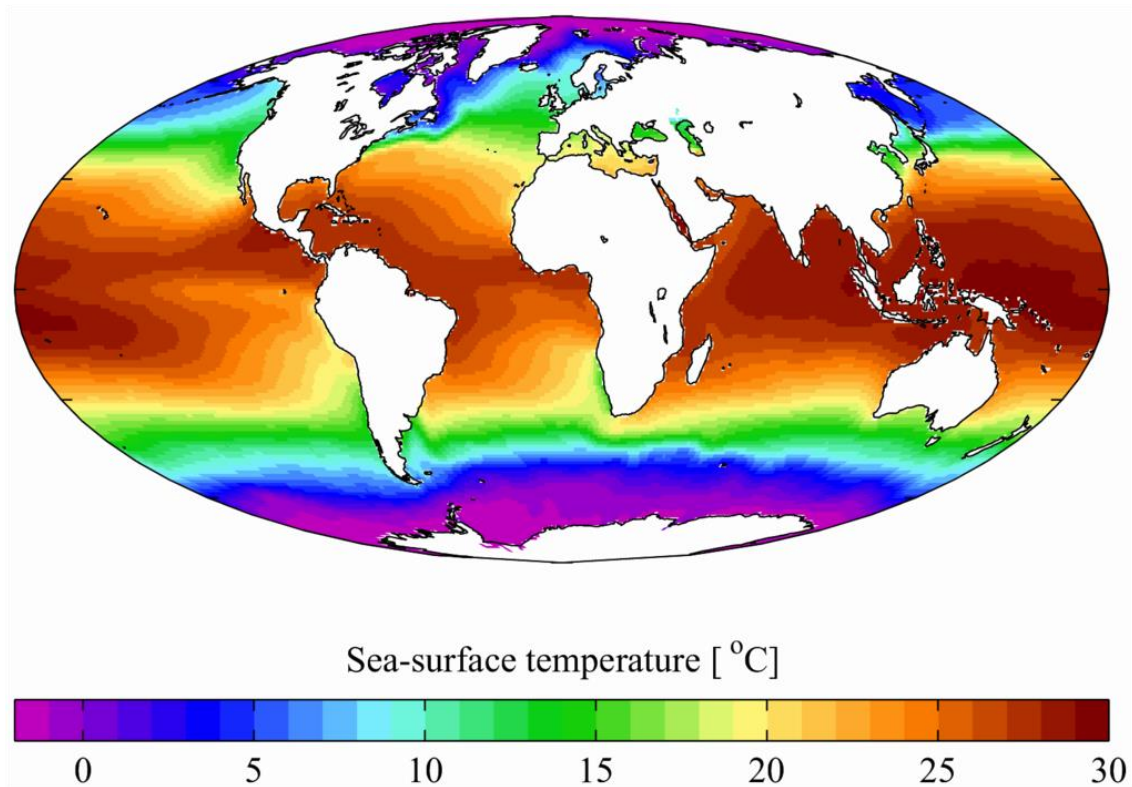


Fig.23: Mapa de temperatura de la superficie del agua de mar

Si se analiza el mapa de temperaturas del agua de mar que adjuntamos (Fig.23), se puede apreciar que la temperatura del agua en la zona de operaciones del Buque Esperanza del Mar, se encuentra en el rango de [24-29 °C] por lo que podría considerar que la temperatura es relativamente alta y consecuentemente, el problema del agua de mar demasiado caliente también es un problema que probablemente ocurra.

La solución en este caso es simplemente la reducción de máquina, debido a que no se puede hacer nada por variar este factor externo.

3.6. Fallo en bomba de AD o AS

Si alguna bomba del sistema de refrigeración tuviese algún fallo y dejara de funcionar, la instalación está preparada, de manera que en el momento que suceda, el sistema tiene una secuencia determinada.

La secuencia determina la bomba que entra en funcionamiento en el momento que una falla y deja de funcionar.

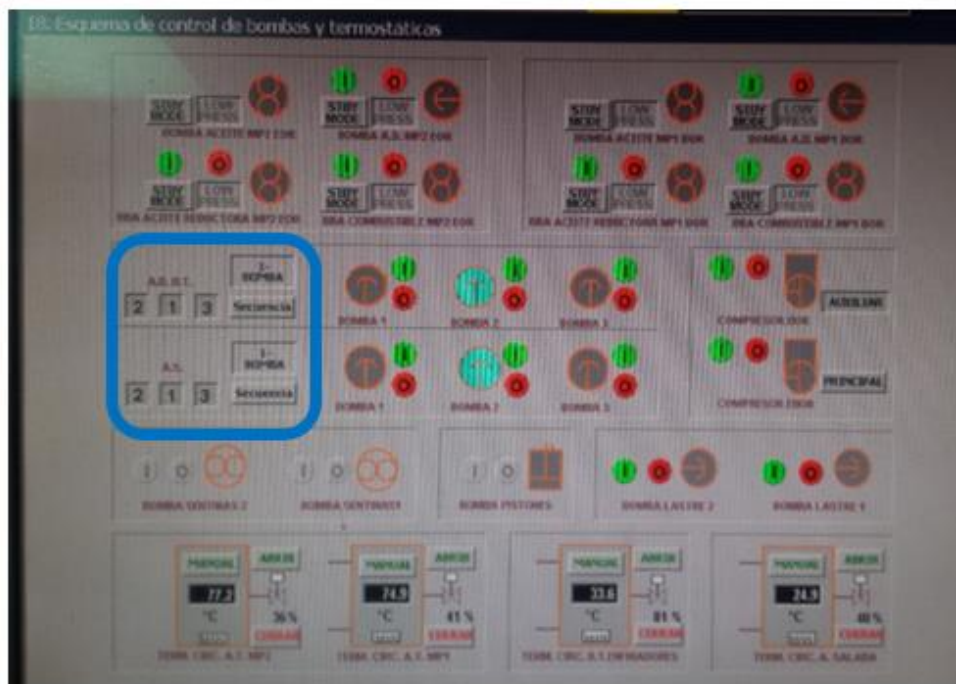


Fig.24: Esquema de control de bombas y termostáticas, remarcando la secuencia de trabajo de las bombas

En la imagen superior se puede observar como en la zona de la izquierda hay un recuadro que marca dos secuencias. Estas son: la secuencia de las bombas de AS y las bombas de AD BT.

4. Entra aceite de lubricación en la cámara de combustión.

** Ya se ha tratado este problema anteriormente en la solución a la causa nº8 de la avería “Motor no arranca”

5. Agua en el combustible.

** Se ha tratado anteriormente en la solución a la causa nº5 en la avería “motor no arranca”

6. Agua en el aire de soplado.

- Esto sucede por falta de purga o porque está roto el tubo de purga dentro de la botella de inyección.

De manera que se recuerda al personal de máquinas que se debe purgar las botellas de aire cada cambio de guardia (4 horas)

En caso de tener el tubo de purga en el interior de la botella de inyección, se despresurizará la botella totalmente, se abrirá y se llevará a cabo la reparación.

Es importante tener en cuenta de que este proceso, en el caso del buque Esperanza del Mar, lo mejor es hacerlo con los MMPP arrancados, ya que en caso de tener alguna urgencia ya tener los motores arrancados y no tener que esperar a que se consiga la presión de inyección en las bombas después de la reparación.

7. La solución en este caso es calentar previamente el motor antes de arrancar, de manera que se empezará el proceso desde el principio:

7.1. Comprobación de funcionamiento general

- 7.1.1. Asegurar la suficiente ventilación del cuarto de máquinas.
- 7.1.2. Purgar el agua de los canales del gas de escape después del turbocompresor y comprobar el paso libre.
- 7.1.3. Comprobar la purga de agua permanente del canal del aire de sobrealimentación para ver si presenta un paso libre.
- 7.1.4. Con el motor frío pueden aparecer cantidades pequeñas de agua como consecuencia de condensaciones.

Atención: En caso de salida de una gran cantidad de agua deberá determinarse la causa, no arrancar el motor debido al peligro por golpe de agua.

- 7.1.5. Abrir las válvulas de descompresión o indicadoras.
- 7.1.6. Virar el motor mediante una máquina o virador y desacoplar el motor
- 7.1.7. Llevar a cabo los intentos de arranque hasta que cese la expulsión de agua.
- 7.1.8. Cerrar las válvulas de descompresión o indicadoras, el motor está listo para el servicio

7.2. Toma de carga durante el procedimiento de calentamiento del motor

- Condiciones previas:
 - I. Agua de refrigeración del cilindro precalentada a la temperatura (t) para servicio con combustible destilado (t= 40°C)
- Toma de carga normal
 - I. En tanto la toma de carga no esté controlada por un programa, puede aumentarse la carga en el plazo de **1 min. al 60 %** y en los próximos **3 - 4 min. a plena carga.**
 - II. Arranque en frío, arranque por debajo de la temperatura de precalentamiento indicada.
 - III. Respecto a la posibilidad de arranque en frío, MaK la desaconseja en general debido a un aumento del desgaste y

carga térmica superior de las cámaras de combustión incluyendo los componentes.

IV. Por esta razón se indican solamente algunas advertencias breves:

El arranque en frío del motor con combustible destilado es posible, sin embargo debe ser solamente la excepción. En este caso es imprescindible una marcha de calentamiento cuidadosa.

En general deberá alcanzar el motor la temperatura de servicio después de cada puesta en funcionamiento, especialmente para marchas cortas de prueba. La puesta en funcionamiento breve tiene como consecuencia la formación de ácidos sulfúricos que conjuntamente con otros residuos de la combustión agresivos ocasionan corrosión en las válvulas y en los canales del gas de escape.

Al trabajar “desde la máquina” o con vigilancia manual del motor se vigilarán constantemente los aparatos indicadores tales como manómetro, termómetro e indicador de revoluciones. Solo cuando se obtengan aproximadamente los valores de servicio para el margen de potencia requerido podrá abandonarse la cabina o puesto de mando.

Cuando para determinadas revoluciones existan zonas críticas por vibraciones, entonces se pasarán estas rápidamente.

8. Funcionamiento con bajas temperaturas del aire aspirado

Con temperaturas del aire aspirado por debajo de +10 °C, el motor debe funcionar solamente con el 90% de su potencia, como máximo, ya que, de lo contrario, será sobrepasada la presión permitida de encendido nominal.

El funcionamiento a plena potencia será posible, precalentando el aire aspirado o mezclándolo con aire de máquina para alcanzar una temperatura superior a +10 °C antes de la entrada al compresor.

La potencia plena con temperaturas de entrada al compresor por debajo de +10 °C está permitido sólo cuando el aire de carga detrás del compresor es purgado de forma que la presión de carga no sobrepase los valores de una temperatura de aspiración de + 20 °C.

El motor ha sido construido de tal forma que será innecesario el ajuste o cambio del inicio de elevación así como de los rellenos de los cilindros individuales.

Las alturas individuales de colocación de las bombas de inyección de los cilindros se garantizarán mediante placas rectificadas, específicas para el cilindro y de montaje fijo. Todas las tolerancias entre el círculo base de la leva hasta el tope superior de la biela quedarán eliminadas mediante esta medida.

También las bombas de inyección muestran tolerancias muy pequeñas entre el pie de la bomba y el lado seleccionado del elemento de bomba, posibilitando así la utilización de cualquier bomba sobre cualquier cilindro.

Ya que el árbol de levas está montado con distintas partes individuales por cilindro, se producen diferencias mínimas en cuanto al inicio de elevación de cada cilindro, dentro del margen de tolerancias de fábrica, para el ángulo de la leva y su suma casual.

La presión de encendido máxima se ajusta en la rueda de accionamiento del árbol de levas que dispone de una unión de contracción para este fin que se podrá liberar hidráulicamente.

Para que no se compensen las diferencias de las presiones de encendido existentes mediante la variación del llenado de la bomba de inyección, no hay prevista ninguna posibilidad de ajuste en el motor. La variación del llenado provocaría un rendimiento y un momento de giro diferente de cada cilindro.

9. Cambie a aros de asiento refrigerados

- Secuencia de trabajo:

- 9.1. Los conos de las válvulas que ya no están más en servicio se deben cortar por el final del vástago (Fig. 23/1) y se deberá hacer chaflán en la superficie de corte resultante (2) para prevenir el aplastamiento. La cabeza de la válvula se debe girar en el torno

Aproximadamente 66 mm.

(Diámetro interior del anillo de asiento).

- 9.2. Coloque el cono de la válvula en el anillo de asiento de la válvula y sujétela tal y como se muestra en la ilustración.

Una el cono y el anillo de asiento mediante un cordón de soldadura en toda su extensión (soldadora eléctrica).

La base de la culata próxima a la zona del anillo de asiento de la válvula deberá estar bien engrasada para evitar que se produzcan daños como consecuencia de salpicaduras de la soldadura.

- 9.3. Extraiga el anillo de asiento de la válvula aplicando un fuerte golpe en el husillo de la válvula. Limpie a mano y con cuidado el orificio del emplazamiento.

- 9.4. Monte un anillo de asiento nueva.

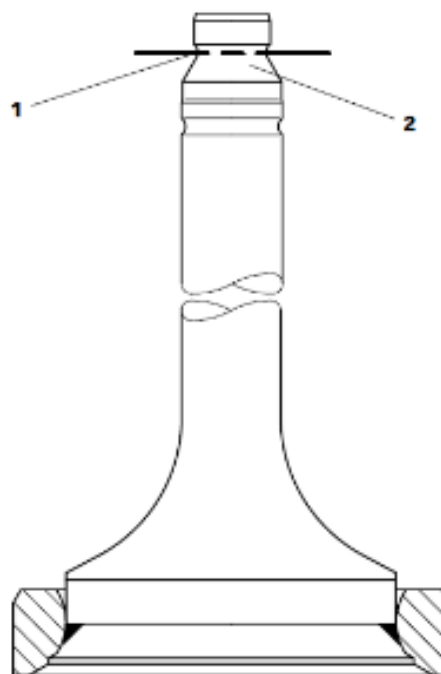


Fig.25: Cono de la válvula

9.4.1. Sobreenfríe el anillo de asiento, al menos, a - 20 °C y caliente la culata a 130 °C.

9.4.2. Con ayuda del cono de una válvula, coloque con cuidado al anillo de asiento en la base de las perforaciones de la culata golpeado ligeramente con un martillo. Aplique una fina capa de pasta Molykote "G-Rapid" en la rosca y en la superficie de contacto de la tuerca (Fig. 26/10). Apriete la tuerca (10) aplicándole un par de apriete de:

$$M = 50 \text{ Nm.}$$

A continuación, use el dispositivo de apriete (W1) para sujetar el anillo de asiento en esa posición hasta que la culata se enfríe.

9.5. Retoque un poco el anillo de asiento, por ejemplo, mediante una rectificadora de asientos de válvulas o mediante la fresadora de asientos de válvulas. Aplique en el cono de la válvula un poco de pasta Diamond Dp 30/10 -15 μm y compruebe los reflejos de contacto.

9.6. Monte el cono de la válvula.

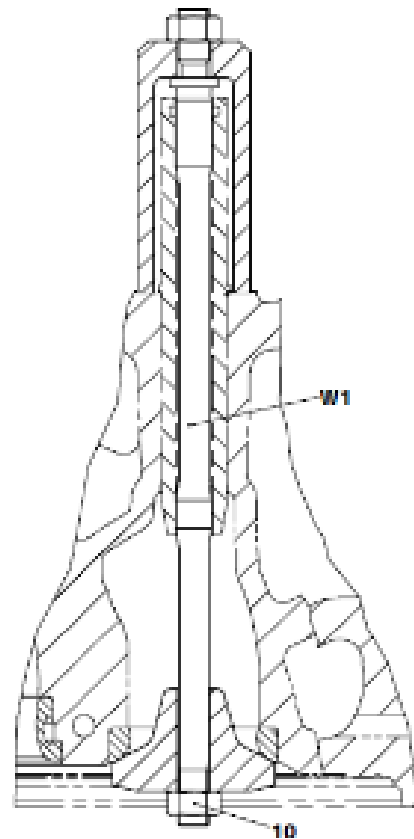


Fig.26: montaje del cono de la válvula

6.5. Gases de escape azules

Causa posible

Aceite en la cámara de combustión

1. Aros del pistón agarrotados
2. Fuerte desgaste de la camisa: estrías, excentricidad
3. Guía de la válvula o junta desgastada

Soluciones propuestas

1. Se debe realizar la reparación de los aros del pistón.
El procedimiento que se debe seguir para realizar tal reparación, se ha comentado antes en el punto 6 de la avería “El motor no arranca”
2. Realizar el control de la camisa y el procedimiento queda reflejado en el punto 4 de la avería “El motor se para por sí solo”
3. Realizar inspección del rotador de la válvula, que por mantenimiento se debería hacer cada 150 horas de trabajo.

Observación: Mida el régimen de revoluciones de las válvulas, en función del régimen de revoluciones del motor durante la puesta en marcha de la culata nueva/antigua y anótelos para poder compararlo con mediciones posteriores.

- Secuencia de trabajo:
 - 3.1. Abra la tapa de sellado de la tapa de la culata y observe la rotación de la válvula. Hay una “X” marcada en el platillo de resorte (Fig.27/1).
 - 3.2. El rotador de la válvula funciona correctamente cuando se puede registrar una rotación homogénea en función de la velocidad del motor.

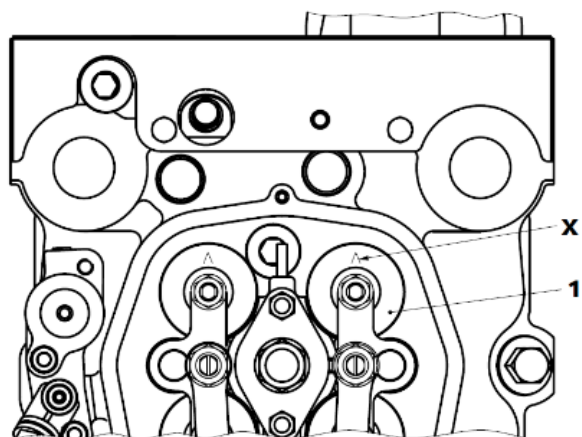


Fig.27: Rotador de válvula

- 3.2.1. En caso de que la rotación sea apreciablemente más lenta que la que se produciría si el rotador de la válvula fuera nuevo, éste se deberá lubricar por barboteo con una mezcla de aceite y de gasóleo (proporción 1:1).
- 3.2.2. Si el régimen de rotación del motor desciende a $n \approx 1 \text{ min}^{-1}$ a una velocidad nominal del motor, el rotador de la válvula se deberá sustituir.

Observación: La causa de la ralentización del régimen de revoluciones de un motor, también se puede deber al agarrotamiento del vástago de la válvula en la guía de la válvula.

Remedio: aplique unas cuantas gotas de la mezcla lubricante de gasóleo y aceite al vástago de la válvula.

6.6. Marcha irregular

Causas posibles:

1. El regulador se agarrota por falta de engrase o mal ajuste
2. Algún cilindro comprime irregularmente por agarrotarse sus aros
3. Excesiva presión de soplado
4. En alguna bomba de combustible queda colgado el émbolo.
5. Agujeros de las toberas demasiado grandes o desiguales
6. Agua en el combustible
7. Excesivo avance en la inyección
8. Algún camón o rueda dentada para el movimiento del eje de distribución, ha quedado loco, sin chaveta, o ésta se encuentra muy desgastada
9. Amortiguador de vibraciones roto
10. Perturbación del regulador

Soluciones propuestas

1. En este caso vamos a proponer llevar a cabo el engrase del árbol regulador, que es u mantenimiento que hay que realizar después de cada 1500 horas de trabajo.
 - 1.1. Retirar tapas del árbol regulador/bomba de inyección y del puesto de mando
 - 1.2. Controlar árbol regulador y árbol para palanca de parada de emergencia en el puesto de mando y engrasar ligeramente con lubricante las zonas de apoyo.
 - 1.3. Distribuir grasa de efecto múltiple en las siguientes zonas de apoyo:
 - Cabezas de articulación de la barra de unión entre el árbol en el puesto de mando y el árbol regulador
 - Cabezas de articulación del elemento de resorte entre el árbol regulador y el reguladorEliminar cuidadosamente los restos de grasa de efecto múltiple
 - 1.4. Engrasar ligeramente las piezas móviles de apoyo de la palanca articulada ente el árbol regulador y la bomba de inyección
 - 1.5. Montar de nuevo las tapas
2. Si el problema viniese de los aros del pistón, llevaremos a cabo una revisión de mismo, que, aunque no haya habido ningún problema, se debe hacer este mantenimiento a partir de las 7500 horas de trabajo.

**Se ha tratado esta situación anteriormente en la solución a la causa nº6 de la avería “motor no arranca”

3. ** Se ha tratado esta situación anteriormente en la solución nº4 punto IV de la avería “se oyen golpes al arrancar”
4. Véase si su resorte está roto o falto de apriete y actuar correspondientemente en cada caso.
5. Se propone desmontar, llevar a cabo el mantenimiento y volver a montar el inyector de combustible.

5.1. Desmontaje.

5.1.1.

5.1.2. Apague la bomba de aceite de lubricación en espera del motor principal/la bomba de prelubricación de la carcasa de funcionamiento del generador.

5.1.3. Desplace la camisa (fig. 28/1) hacia la izquierda en el conjunto de la culata del cilindro.

5.1.4. Desatornille completamente la conexión atornillada (Y) de la pieza de empuje transversal (2) hasta sacarla de la bomba de inyección (10).

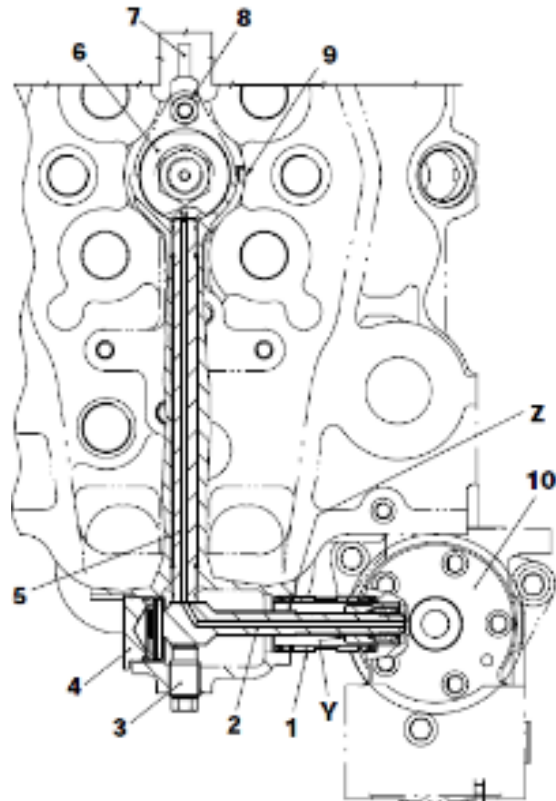


Fig.28: Sistema desde la bomba de inyección hasta el inyector

Atención: Afloje siempre primero la conexión atornillada (Y), Las superficies de sellado de la pieza de empuje radial (5) y la pieza de empuje transversal (2) resultarán dañadas en caso de que se lleve a cabo un desmontaje inadecuado

5.1.5. Afloje el tornillo de presión (3), presione la pieza de empuje transversal (2) con la cubierta (4) y tire de la bomba de inyección y de la culata hacia la derecha.

5.1.6. Saque la pieza de empuje radial (fig. 28/5) aproximadamente 20 mm.

- 5.1.7. Retire la cubierta de la culata.
- 5.1.8. Retire las tuercas (fig. 3/8) y la brida (21).

- 5.1.9. Monte el extractor de inyectores de combustible W1 (fig. 29). Para ello, haga lo siguiente:

- 5.1.9.1. Atornille la varilla roscada (20) en la conexión atornillada (16).

- 5.1.9.2. Coloque el dispositivo (19) y el cierre de torsión (17) de la varilla roscada y los espárragos (15).

- 5.1.9.3. Monte las tuercas hexagonales (18).

- 5.1.10. Afloje el inyector de combustible girando las tuercas hexagonales (18) contra el dispositivo y desatornillelo hasta que pueda ver el anillo de obturación inferior (fig. 3/22).

- 5.1.11. Extraiga el inyector de combustible con el extractor. Retire el extractor.

- 5.1.12. Limpie el exterior del inyector de combustible, márkelo con el número de cilindro y lleve a cabo una prueba funcional de la tobera de inyección.

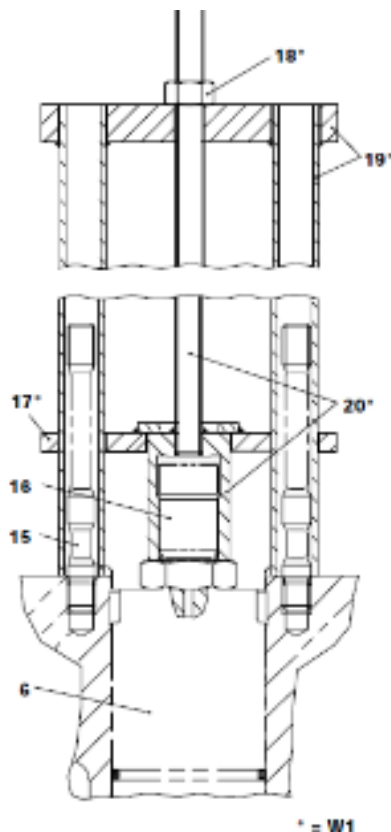


Fig.29: Extractor de inyectores de combustible

Rasque el asiento de la válvula en la camisa (fig. 3/24) usando la herramienta apropiada W2.

Limpie el interior de la camisa.

5.2. Montaje

- 5.2.1. Sustituya los anillos obturadores (22) e introdúzcalos en las ranuras de los anillos asegurándose de que no están girados. ¡Preste atención a que los anillos de obturación no formen bucles!

- 5.2.2. Aplique una capa de pasta de alta temperatura para roscas en el inyector (fig. 3/23).

- 5.2.3. Aplique con cuidado pasta Molykote en la rosca de los espárragos (15), en las superficies de contacto de las tuercas (8) y en los nuevos anillos de obturación (22).

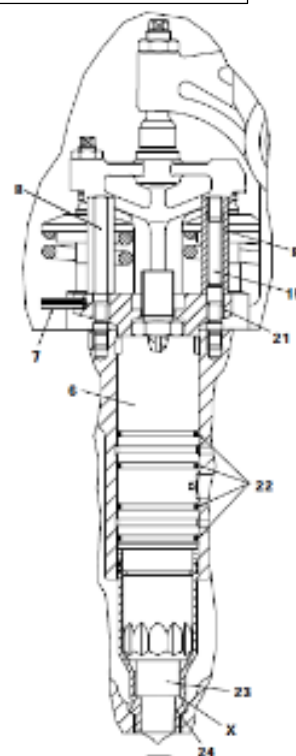


Fig.30: Inyector

Atención: ¡Retire el exceso de pasta! Un exceso de pasta puede provocar que los anillos de obturación se escurran en las ranuras de retención de la culata. No hay ninguna junta entre el inyector de combustible y la camisa en esta zona (fig. 30/X).

5.2.4. Introduzca con cuidado el inyector de combustible con la tobera (23) en la camisa (24). Preste atención a la posición de la varilla de posicionamiento (fig. 28/9).

5.2.5. Monte la brida (Fig. 30/21) con el pasador (fig. 28/7) orientado hacia el extremo de escape y la garganta del anillo hacia abajo (fig. 30).

5.2.6. Apriete las tuercas (8) con un par de apriete de:

$$M = 50 \text{ Nm.}$$

Afloje las tuercas (8) de nuevo una revolución y, a continuación, apriételas con un par de apriete de:

$$M = 10 \text{ Nm.}$$

5.2.7. Empuje la pieza de empuje radial hacia adentro (fig. 28/5).

5.2.8. Monte la pieza de empuje transversal (2), preste atención a que la cubierta esté en posición correcta (4)

5.2.9. Apriete la conexión atornillada (Y) y el tornillo de presión (3) a mano (¡sin la llave!).

5.2.10. Apriete el tornillo de presión (3) y, a continuación, la conexión atornillada (Y) con un par de apriete de:

$$M = 10 \text{ Nm.}$$

Atención: Aplique una llave a las superficies “Z” y mantenga la pieza de empuje transversal (2) en posición durante al apriete de la conexión atornillada (Y) y el tornillo de presión (3).

5.2.11. Apriete la conexión atornillada (Y) con un par de apriete de:

$$M = 150 \pm 5 \text{ Nm.}$$

5.2.12. Apriete el tornillo de presión con un par de apriete de:

$$M = 130 \pm 5 \text{ Nm.}$$

5.2.13. Introduzca la camisa (1) en la bomba de inyección hasta que alcance la posición de cierre.

5.2.14. Apriete las tuercas (8) de nuevo con un par de apriete de:

$$M = 35 \text{ Nm.}$$

5.2.15. Monte la cubierta de la culata y compruebe la lubricación y la circulación de combustible por si existieran fugas.

6. Agua en el combustible.

** Se ha tratado anteriormente en la solución a la causa nº5 en la avería “motor no arranca”

7. En el caso de que el inyector se adelante demasiado respecto a los demás, se va a acceder a la bomba de inyección, para poder regularlo y ponerlo igual que los demás. Ya que la bomba nos permite llevar a cabo una regulación manual.

8. A continuación se representa la chaveta y el chavetero para que quede ilustrado y facilite su comprensión.

En el momento que la rueda dentada pierde la chaveta, dejan de estar girando igual el eje y la rueda dentada. De manera que la solución en este caso es hacer que pare la rueda dentada y en caso de no poder pararla, dejarla parar sola.

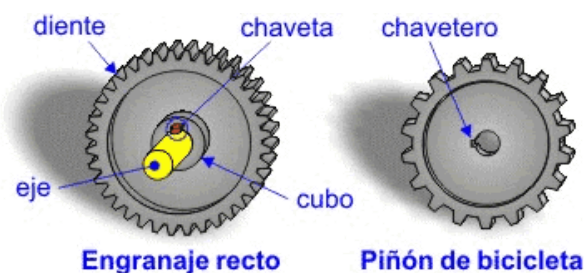


Fig.31: Ilustración de la importancia de la chaveta

Una vez parada, se debe volver a introducir una chaveta en su sitio correspondiente, para el correcto funcionamiento del motor.

9. El amortiguador de vibraciones se debe sustituir cada 15.000 horas de funcionamiento. De manera que en este caso, que se ha roto, llevaremos a cabo su sustitución aunque no llegue a las 15.000 horas de trabajo.

9.1. Desmontaje

- 9.1.1. Retire la cubierta del árbol de levas con las cubiertas de la carcasa y los puntos de sellado.
- 9.1.2.
- 9.1.3. Asegure el amortiguador de vibraciones (Fig. 32/1) para que no se caiga.
- 9.1.4. Retire los tornillos (2) y las camisas elástica (3).
- 9.1.5. Acople el amortiguador de vibraciones (1) a una grúa, extraiga la pieza de transición (4) y elévela para sacarla.

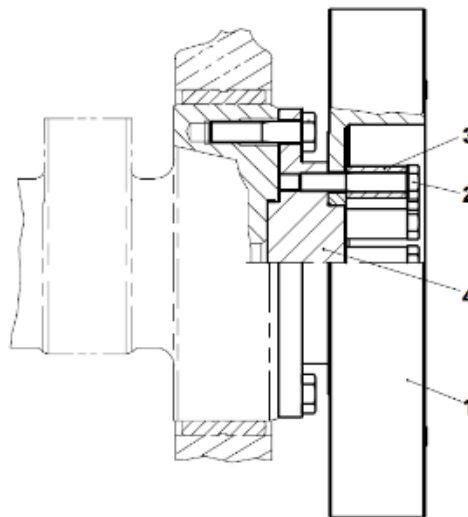


Fig.32: Amortiguador de vibraciones

9.2. Montaje.

- 9.2.1. Limpie la superficie de contacto del amortiguador (1) y la pieza de transición (4) (sin grasa).
- 9.2.2. Aplique pasta "Molykote-Rapid" en las roscas de los tornillos (2).
- 9.2.3. Empuje el amortiguador de vibraciones (1) sobre la pieza de transición (4) y atornille los tornillos (2) junto con las camisas elásticas (3).
- 9.2.4. Apriete los tornillos (2) en cruz y escalonadamente con un par de apriete de:

$$M = 50 \text{ Nm.}$$

9.2.5. Monte la cubierta del árbol de levas junto con las cubiertas de la carcasa y los puntos de sellado.

10. Si se vieran perturbaciones en el regulador, se propone control del reflejo de contacto de la rueda dentada helicoidal y del borde dentado del eje motriz del regulador.

Secuencia de trabajo:

10.1. Desmontaje.

10.1.1. Coloque la palanca de parada en la posición de parada.

10.1.2. Retire la tuerca de cierre (Fig. 33/4) junto con el tornillo (1), el cojinete espaciador (2) y la arandela (3).

10.1.3. Retire la tapa (Fig. 34/19) por el extremo del acoplamiento y la del lado de control del revestimiento de la rueda.

10.1.4. Limpie las superficies de contacto de la tapa y del cárter. Retire completamente el producto de sellado.

10.1.5. Use una galga de espesor para comprobar la barra inversa de las ruedas dentadas helicoidales (21, 22)

Valor objetivo $0,15 \div 0,50$ mm.

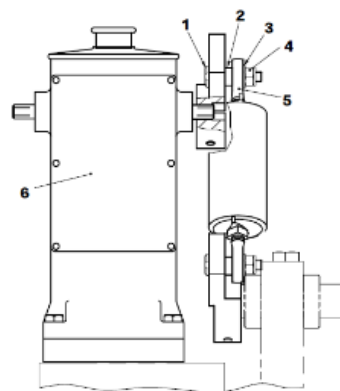


Fig.33: Regulador del MP

Observación: Preste atención a la posición axial del eje motriz del regulador (18).

10.1.6. Retire la grupilla (24), la tuerca almenada (25) y la arandela curva (26).

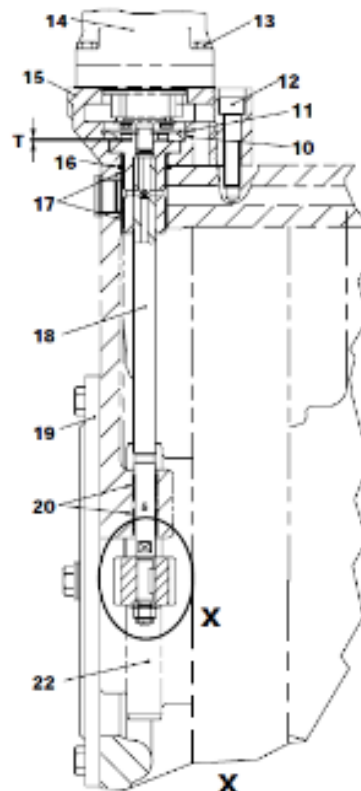
10.1.7. Extraiga la rueda dentada helicoidal (21) del eje motriz del regulador (18). Preste atención a la chaveta semifija (23).

10.1.8. Compruebe los perfiles de los dientes de las ruedas dentadas helicoidales (21, 22) por si existieran picaduras, su funcionamiento estuviera sesgado, existieran roturas, etc.

10.1.9. Retire los tornillos hexagonales (13), eleve el regulador (14) y sáquelo de la consola de control (15).

10.1.10. Compruebe la holgura axial (T) del disco de parada (10).

Valor objetivo $T = 0,3 \div 0,6$ mm.



Si se obtiene un valor diferente, compruebe el disco de parada y sustitúyalo si es necesario.

- 10.1.11. Retire el anillo de sujeción (11) y extraiga el disco de parada. Compruebe el grado de desgaste y sustitúyalo si es necesario.

- 10.1.12. Tire del eje motriz del regulador (18) hacia arriba, extraígallo del cárter y compruebe el grado de desgaste.

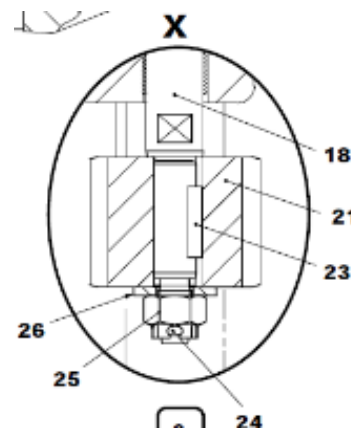


Fig.34: Bomba de inyección

Observación: El eje motriz del regulador (18) está apoyado en la parte superior y en la parte inferior del cilindro.

Si es necesario sustituir los cojinetes (17 y 20), éstos se pueden forzar para sacarlos del cárter mediante un mandril adecuado.

10.2. Montaje

- 10.2.1. Lubrique e introduzca los cojinetes nuevos (17 y 20) (Fig. 35).

Medidas de introducción:

s1 = 335 mm.

s2 = 302 mm.

s3 = 32 mm.

s4 = 8 mm.

- 10.2.2. Introduzca la junta tórica nueva (Fig. 34/16). Limpie las superficies de contacto de la consola del regulador (15) y del cárter y, a continuación, aplíqueles una ligera capa de sellador.

- 10.2.3. Coloque la consola del regulador del cárter y apriete los tornillos hexagonales de cabeza hueca (12).

- 10.2.4. Lubrique el eje motriz del regulador (18) y ajústelo en el cárter por la parte superior.

- 10.2.5. Lubrique el disco de parada (Fig.34/10). Introdúzcalo y sujételo con el anillo de sujeción (11).

Compruebe la holgura axial (1.10).

- 10.2.6. Aplique pasta Molykote a la rosca del eje motriz del regulador y a la superficie de contacto de la tuerca almenada.

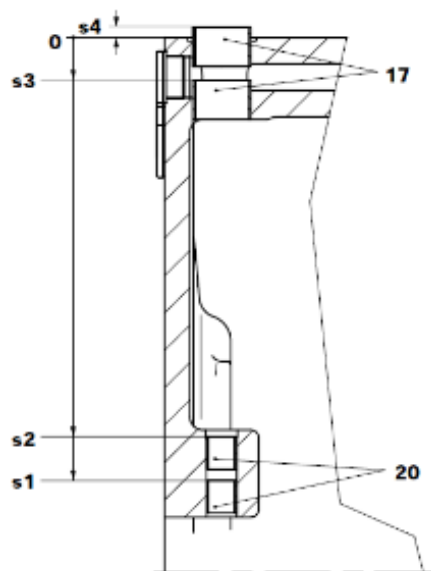


Fig.35: Posición de cojinetes

10.2.7. Ajuste la rueda dentada helicoidal (21) junto con la chaveta semifija (23) y la arandela curva (26) en el eje motriz del regulador (18) y monte la tuerca almenada (25).

10.2.8. Apriete la tuerca almenada (25) con un par de apriete de:

$$M = 30 \text{ Nm.}$$

Gire un poco más la tuerca hasta la siguiente perforación para poder asegurarlo con la grupilla (24).

10.2.9. Limpie la superficie de contacto del regulador (14) y la consola del mismo y, a continuación, aplique una fina capa de sellador.

10.2.10. Coloque el regulador (14) sobre la consola del mismo (15). El borde dentado del eje motriz del regulador debe deslizarse fácilmente sobre el borde dentado del eje motriz del regulador (18).

10.2.11. Ajuste los tornillos hexagonales (13) del regulador y apriételos.

10.2.12. Monte el regulador (6) la palanca (Fig. 33/15) junto con el tornillo (1), el cojinete espaciador (2), la arandela (3) y la tuerca de cierre nueva (4).

10.2.13. Compruebe el flujo de aceite a través de las perforaciones de lubricación.

10.2.14. Monte la tapa (Fig. 34/19, extremo del acoplamiento) con sellador en el cárter.

Las superficies de contacto deben estar limpias.

10.2.15. Compruebe la holgura axial s del árbol de levas con la galga para cuadrantes en la rueda dentada del árbol de levas (Fig. 36/30).

$$\text{Valor objetivo } s = 0,3 \div 0,7 \text{ mm.}$$

10.2.16. Compruebe los puntos de sellado de la tapa del lado de control del revestimiento de la rueda y monte la tapa.

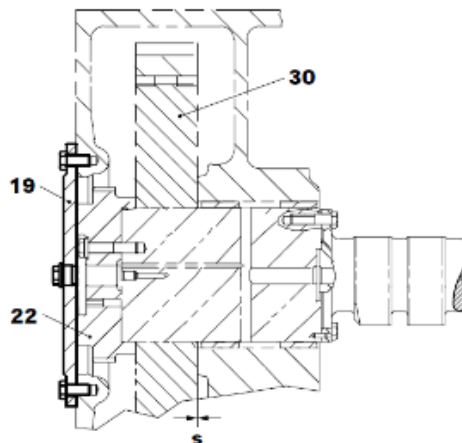


Fig.36: Galga para cuadrantes en la rueda dentada del árbol de levas

6.7. El motor se para por sí solo

Causas posibles

1. Depósito de combustible vacío
2. Tubería de combustible obturada
3. Agua en el combustible
4. Regulador agarrotado en su posición extrema
5. Algún pistón agarrotado con su camisa
6. Alguno o varios cojinetes muy calientes. Véase si faltó la lubricación

Soluciones propuestas

1. Debido a una mala previsión de los consumos y como consecuencia, a trasiegos mal hechos o no hechos.

En este caso, si se llega a él, no queda otra que llevar a cabo el trasiego urgente hacia los tanques diarios de consumo y posteriormente hacia los tanques nº2.

2. Señal de que el petróleo que estamos consumiendo, probablemente esté más sucio de lo normal.

Para prevenir este fenómeno, se debe llevar a cabo la recirculación del combustible de manera continua y así el combustible que se consuma por los motores, se encontrará en condiciones óptimas para ello.

3. Agua en el combustible.

** Se ha tratado anteriormente en la solución a la causa nº5 en la avería “motor no arranca”

4. Para este caso concreto, se propone desmontar la camisa interior del cilindro y sustituir el anillo de obturación. Mantenimiento que se hace cada 30.000 horas de trabajo del elemento.

- Secuencia de trabajo

4.1. Desmonte la camisa interior del cilindro (3).

- 4.1.1. Desmonte el anillo de calibración.
- 4.1.2. Desmonte el pistón y el dispositivo de sujeción (camisa interior del cilindro, pistón).
- 4.1.3. Mida el desgaste.
- 4.1.4. Coloque el travesaño (W1.2) en la camisa interior del cilindro e introduzca la varilla de suspensión (W1.3) con la tuerca redonda (W1.1).
- 4.1.5. Coloque el segundo travesaño (W1.4), apretado mediante las tuercas hexagonales, (W1.5) y asegúrelo.
- 4.1.6. Acople el mecanismo de suspensión y extraiga la camisa interior del cilindro en la dirección del eje del cilindro y colóquela en una base apropiada.
- 4.1.7. Retire la junta tórica (1) de la carcasa del distribuidor de agua de refrigeración (2).

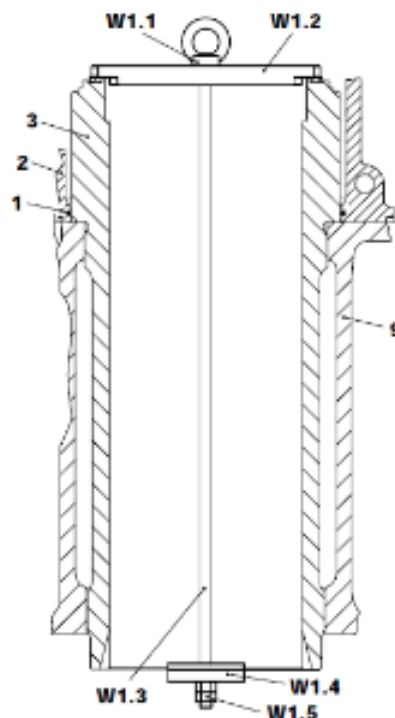
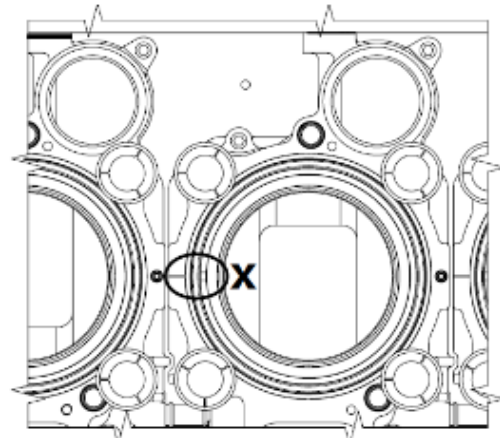


Fig.37: Mecanismo para la extracción de la camisa interior del cilindro

- 4.1.8. Limpie con cuidado la superficie de sellado y la ranura de los segmentos de la junta tórica y compruebe que no existan daños.
- 4.1.9. Limpie con cuidado la zona del agua de refrigeración en el anillo de la camisa interior del cilindro.
- 4.1.10. Limpie el soporte de la camisa del cilindro, y ajústelo por encima y por debajo del cárter del cilindro (9).
- 4.2. Limpie el interior de la carcasa del distribuidor de agua de refrigeración (fig. 37/2). Si es necesario, sustituya las juntas tóricas del casquillo de la varilla de empuje y de la apertura de carga de aire del cárter.
- 4.3. Introduzca una nueva junta tórica (1) en la ranura, dentro de la carcasa del distribuidor del agua de refrigeración.
- 4.4. Desmonte el dispositivo de extracción (W1) de la camisa interior del cilindro que ha extraído.
- 4.5. Coloque el travesaño (W1.2) en la camisa interior del cilindro que se va a ajustar e introduzca la varilla de suspensión (W1.3) con la tuerca redonda (W1.1).
- 4.6. Coloque el segundo travesaño (W1.4), fijado mediante tuercas hexagonales (W1.5) y asegúrelo.
- 4.7. Acople el dispositivo de suspensión a la tuerca redonda (W1.1) e introdúzcalo en la camisa interior del cilindro, en el cárter (9).

Observación: Introduzca la camisa interior de los cilindros de tal manera que la marca (15) (fig. 38/X, vista superior del anillo de la camisa interior del cilindro) esté orientada hacia el extremo del acoplamiento en dirección longitudinal.

La marca (16) de la carcasa del distribuidor del agua de refrigeración se puede tomar como referencia para la alineación.



ATENCIÓN: ¡Las camisas interiores de los cilindros que se hayan ajustado incorrectamente pueden provocar daños en el motor, como resultado de que haga contacto con la biela del cigüeñal!

¡La camisa interior del cilindro debe poder deslizarse por los ajustes superior e inferior del cárter por su propio peso (fig. 37/9)!

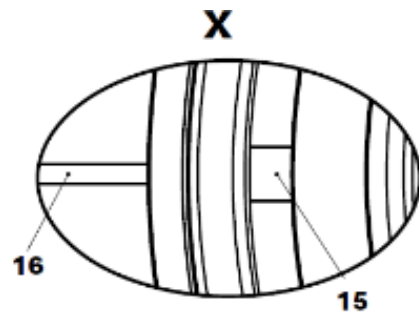


Fig.38: Ajustado adecuado de las camisas interiores de los cilindros

- 4.8. Desmonte el dispositivo de extracción (W1) y mida la camisa interior del cilindro nueva.
- 4.9. Monte el pistón y el anillo de calibración.

6.8. Excesiva presión diferencial del filtro al arrancar/preengrase

Causa posible

1. El filtro de combustible está sucio
2. Averiado el indicador de la presión diferencial
3. Aceite demasiado frío
4. Depósitos en los conductos de aceite en el motor, lo que incrementa la presión del aceite
5. Enfriador de aceite con fugas

Soluciones propuestas

1. Se propone la limpieza de los filtros, la cual se hace de la siguiente manera:

Información: El manejo y mantenimiento del filtro se efectuará con el mayor cuidado para evitar así perturbaciones del sistema de inyección del combustible.

El intervalo de limpieza del filtro depende fundamentalmente de las condiciones de servicio del motor, de la calidad del combustible, y de la calidad separadora del combustible y por ello es diferente de una instalación a otra.

Después de la puesta en funcionamiento de una nueva instalación o después de trabajar en el sistema de tuberías del combustible deberá controlarse el filtro después de 24 horas, cuando sea necesario se limpiará.

- 1.1. Cambie a cámara de filtro limpia, dejando inoperativo el filtro que se usaba hasta el momento. Procedimiento de cambio detallado sobre la tapa de los filtros.



Img.82: Filtros de combustible MP

- 1.2. Proceso de limpieza

- 1.2.1. Limpie el filtro durante el servicio normal del motor cuando se vea el **50% del área roja** del indicador de la presión diferencial (Fig. 39/1) o, se haya activado la alarma del filtro.

ATENCIÓN: Se debe dejar la cámara del filtro sin presión. Proceso que se explica de manera detallada a continuación.

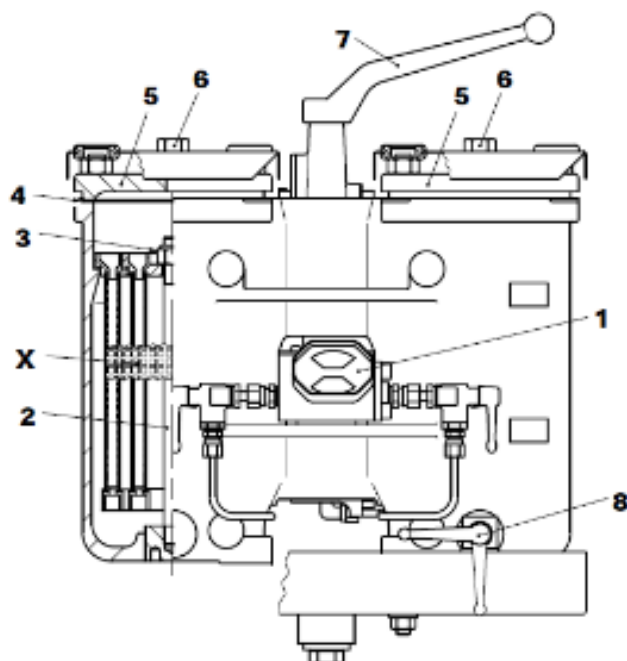


Fig.39: Esquema Filtros de combustible MP

- 1.2.2. Suelte el tornillo hexagonal (6) y compense la presión.
- 1.2.3. Abra la llave de grifo (8) y vacíe la cámara del filtro.
- 1.2.4. Desmonte la tapa (5) de la cámara del filtro desconectada.
- 1.2.5. Suelte la tuerca autoasegurante (3) del tirante (2) y saque individualmente los elementos filtrantes (X).
- 1.2.6. Coloque los elementos filtrantes individuales en un recipiente con producto de limpieza y cepille con un cepillo suave.
- 1.2.7. Sople los elementos filtrantes ya limpios con la pistola de limpieza (Fig. 41/W1) desde dentro (lado limpio) hacia afuera arriba y abajo. Presión del aire aprox. (**4 Bar**)
- 1.2.8. Con suciedad difícil (pigmentos, incrustaciones, fibras, virutas) coloque los elementos filtrantes en un recipiente con producto de limpieza y debe ablandar de acuerdo con las instrucciones del fabricante del producto de limpieza durante máx. 4 horas.

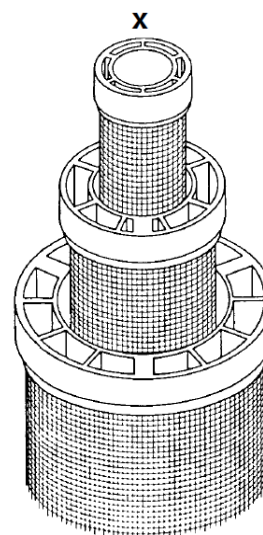


Fig.40: Estructura interna filtro combustible MP

Nota: El nivel del líquido podrá alcanzar como máximo sólo hasta el borde inferior del borde superior del tamiz para que no penetre ninguna suciedad desde arriba hacia el lado limpio o de limpieza.

- 1.2.9. Saque los elementos de limpieza y continúe el tratamiento de acuerdo con el punto 1.2.5. anterior.

- 1.2.10. Cuando sea necesario, repita el proceso de limpieza, de acuerdo con los puntos 1.2.7 y 1.2.8. anteriores.
- 1.2.11. Enjuague los elementos filtrantes con líquido de limpieza limpio y vuelva a soplarlos.
- 1.2.12. Controle si presenta daños el tejido de los elementos filtrantes individuales por fuera y por dentro, sustituya cuando sea necesario.

Atención: Los elementos filtrantes individuales están conectados en paralelo. Al dañarse un elemento filtrante se afecta al funcionamiento de todo el filtro.

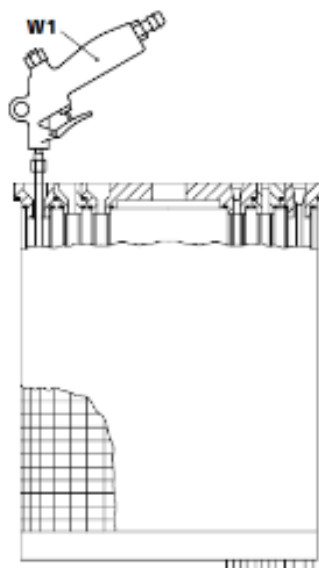


Fig.41: Soplado de los elementos filtrantes con pistola de limpieza

- 1.2.13. Coloque una fuente de luz potente detrás del tejido para controlar el resultado de la limpieza. En caso de resultados deficientes, repita la limpieza.
 - 1.2.14. Vuelva a montar los elementos filtrantes (Fig. 39/X) uno después del otro, colóquelos en la cámara de filtro y apriete ligeramente con una tuerca autoasegurante nueva (Fig.39/3).
 - 1.2.15. Controle la junta (Fig. 39/4), sustituya en caso necesario y monte la tapa (5).
 - 1.2.16. Llene la cámara del filtro y purgue el aire (vea el rótulo sobre la tapa del filtro), para ello:
 - 1.2.16.1. Suelte el tornillo hexagonal (6) y gire en 30° la llave (7).
 - 1.2.16.2. Llene la cámara del filtro y gire la llave después de aprox. 10 s a la marca de cámara de filtro.
 - 1.2.16.3. Apriete el tornillo hexagonal (6).
2. Si se averiara el medidor de la presión diferencial, simplemente se procede a su sustitución.
 3. La presión de aceite es causada por la resistencia del aceite a fluir, debido a su viscosidad, bajo la acción de bombeo. Con conductos grandes para el aceite, y baja viscosidad, el flujo será rápido y la presión de aceite baja - una condición deseable para minimizar el desgaste. Al contrario, bajo las mismas condiciones de bombeo, con conductos estrechos o taponados, y alta viscosidad del aceite, el flujo será bajo, la presión del aceite será alta, resultando en una lubricación deficiente.
 Un aceite "bueno" será aquel que tenga una viscosidad suficiente para dar una buena lubricación hidrodinámica de las superficies en rozamiento, y que además permita el flujo del aceite por toda la máquina, asegurando así un flujo permanente de lubricante.

En un caso extremo, un aceite muy viscoso nunca llegará a las partes críticas para cumplir su función. Note que en estos casos, los motores cuentan con válvulas de bypass para prevenir altas presiones de aceite en caso de taponamientos del filtro.

Cuando el aceite llega a la bomba es entonces forzado a través del filtro y luego hacia el motor. Sin embargo, como el aceite está aún frío y los canales de aceite del motor son pequeños, el flujo es lento y se desarrolla una presión alta, que es registrada por el manómetro del tablero de instrumentos.

A medida que el aceite circula y se calienta, fluye más rápido porque la viscosidad disminuye, hasta alcanzar un estado de equilibrio. Solamente en este punto se puede decir que el motor está lubricado apropiadamente. Hasta que se establezca una presión estable del aceite, la velocidad de desgaste es alta debido a un flujo inadecuado del aceite a las superficies en rozamiento. Bajo condiciones de arranque en frío, un "buen" aceite es aquél que da presiones de aceite estables lo más rápido posible.

4. Este problema reduce la vida del motor de manera considerable, de manera que se propone el cambio del aceite y el filtro. De la misma manera que se debe usar un aceite de mejor calidad, es decir, no salir de las recomendaciones del fabricante bajo ningún caso.
5. Se nota el goteo en el enfriador de placas del aceite, de manera que se procede a parar y vaciar la instalación de aceite. Posteriormente desmontando el enfriador de placas y llevando a cabo la reparación del enfriador.

La reparación se hará de la misma manera que hemos explicado para el enfriador de placas para el agua de refrigeración (punto 3.4 de la avería “escape de humo blanco”).

6.9. El motor no alcanza las revoluciones máximas y/o la carga total

Contexto

El motor parece tener algún tipo de limitación, que, aunque se le exija toda máquina, este no responde y se mantiene en un límite muy inferior.

Causa posible

- Perturbación del regulador
- El filtro para la limitación de carga dependiendo de la presión del aire alimentador está sucio
- Sistema de combustible incorrecto
 1. Aire en el sistema de combustible
 2. Agua en el combustible
 3. Bomba de alimentación de combustible averiada
 4. Filtro de combustible sucio
 5. Válvula de presión de la bomba de inyección averiada
 6. Elemento bomba agarrotado
 7. Inyector atascado, atascada la aguja del inyector
- El motor no recibe aire suficiente
 1. Filtro de aspiración sucio
 2. Canal de aspiración bloqueado
 3. Refrigerador del aire alimentador sucio
 4. Turbocompresor averiado
 5. Turbocompresor sucio

Soluciones propuestas

1. Se desmontará la bomba de alimentación de combustible y se va a controlar su desgaste, mantenimiento que se realiza normalmente cada 15.000 horas de trabajo, pero en este caso se tiene una avería que incumbe a esta bomba. Así que se va a proceder a realizarle este mantenimiento, para poder localizar anomalías o realizar simplemente el mantenimiento correspondiente.

Atención: Si hay una pérdida de potencia grande se deberá cambiar la bomba de alimentación por completo

- Secuencia de trabajo:

1.1. Desmontaje

1.1.1. Desmontar bomba de alimentación de combustible con medio acoplamiento (fig. 42/1) y chaveta de ajuste.

1.1.2. Retirar anillo de seguridad (3).

1.1.3. Soltar tornillos hexagonales (9), retirar tapa de cierre (8) y cárter de engranaje (7).

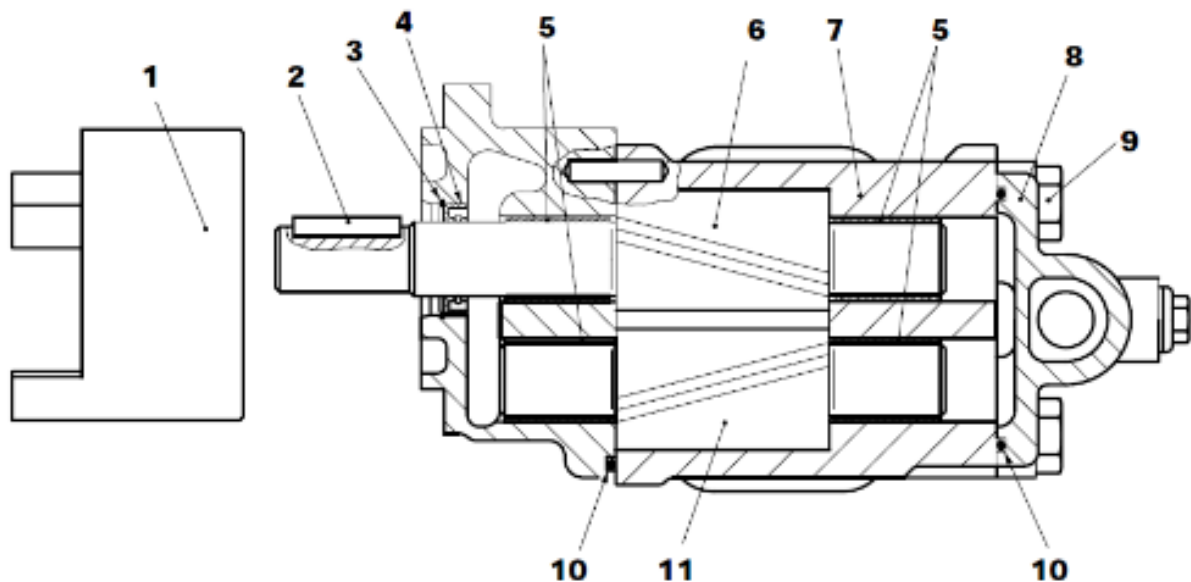


Fig.42: Bomba de alimentación de combustible y medio de acoplamiento

1.1.4. Cambiar juntas tóricas (10).

1.1.5. Extraer árbol de rueda motriz (6) y eje de rueda (11).

1.1.6. Controlar desgaste en casquillos de cojinete (5), árbol de rueda motriz (6) y eje de rueda (11), en caso necesario recambiar. ¡Observar indicación!

1.1.7. Cambiar junta radial (4).

1.2. Montaje

1.2.1. Montar bomba de alimentación de combustible con nuevas juntas tóricas (10) y nuevas juntas radiales (4).

1.2.2. Apretar tornillos hexagonales (9) con un momento de apriete de
 $M = 14 \text{ Nm}$

1.2.3. Colocar chaveta de ajuste (2), medio acoplamiento (1) y montar bomba de alimentación de combustible

- Con la bomba de alimentación de combustible desmontada, se debe comprobar el grado de desgaste del mecanismo de transmisión.
Este mantenimiento, aunque no existiera avería, se debería hacer cada 15.000 horas de trabajo.

La secuencia de trabajo para este caso sería el siguiente:

1. Desmontaje

- 1.1. Cierre los grifos de cierre y extraiga el combustible de las líneas (válvula de bolas junto a la bomba de inyección del primer cilindro en el lado del acoplamiento).
- 1.2. Afloje las líneas de la bomba.
- 1.3. Afloje los tornillos hexagonales (Fig.43/3) y extraiga la bomba de alimentación de combustible (2) con la mitad del acoplamiento (8) de la carcasa del dispositivo de transmisión (5).

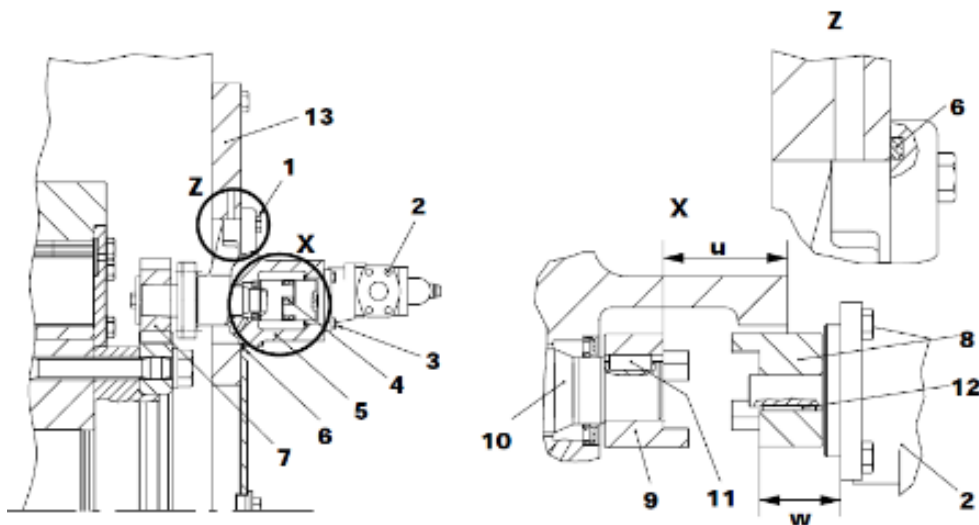


Fig.43: Bomba de alimentación de combustible y sus puntos de fijación

- 1.4. Extraiga la mitad del acoplamiento (8) y retire el elemento de goma (4) y la chaveta semifija (12).
- 1.5. Afloje los tornillos hexagonales (1) y extraiga la carcasa del dispositivo de transmisión (5) junto con la rueda dentada (7) del plato del soporte de la bomba (13).

1.6. Desmonte el tornillo hexagonal (Fig.44/21) y la arandela (20).

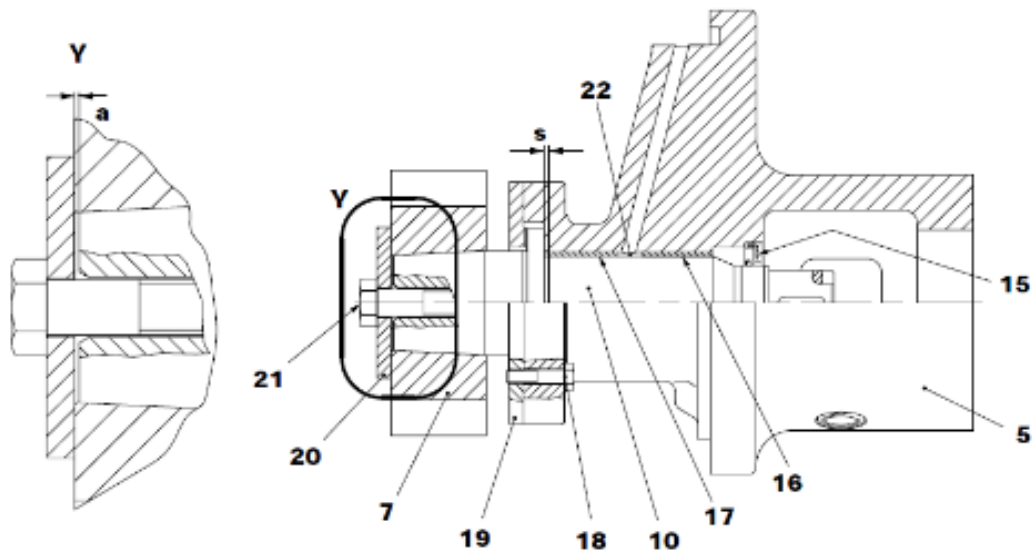


Fig.44: Puntos de fijación de la bomba de alimentación de combustible

1.7. Extraiga la rueda dentada (Fig.44/7) del eje del dispositivo de transmisión (10) mediante un extractor.

1.8. Compruebe el perfil de los dientes en busca de desgaste (picaduras, funcionamiento sesgado, roturas, etc.).

1.9. Extraiga la mitad del acoplamiento (Fig.43/9) y retire la chaveta semifija (11).

1.10. Afloje los tornillos hexagonales (Fig.44/18) y presione el eje del dispositivo de transmisión (10) junto con la tapa (19) hacia la rueda dentada fuera de la carcasa (5).

1.11. Retire la junta de cierre del eje (15).

1.12. Compruebe el desgaste de los cojinetes (16 y 17) y el eje del dispositivo de transmisión.

Extraiga los cojinetes gastados. Sustituya el eje del dispositivo de transmisión si presenta muescas.

1.13. Compruebe el desgaste del cojinete de empuje entre la carcasa (5) y la tapa (19).

2. Montaje

2.1. Si es necesario, ajuste la carcasa del dispositivo de transmisión (Fig.44/5) con cojinetes nuevos (16 y 17) asegurándose de que la junta de cada cojinete se encuentra en posición horizontal.

Lubrique ligeramente los cojinetes antes de introducirlos.

Introduzca los cojinetes (16) a nivel con la parte trasera y el cojinete (17) a una distancia de:

$$s = 2 \text{ mm}$$

¡No se debe sellar la perforación de aceite de lubricación (22)!

- 2.2. Compruebe el patrón de contacto entre el cono de asiento de la rueda dentada y el cono de asiento del eje del dispositivo de transmisión antes de montar la rueda dentada (7). El patrón de contacto debe ser igual y tiene una cuota del $> 80 \%$
- 2.3. Limpie, desengrase y seque el cono de asiento de la rueda dentada, así como el cono de asiento del eje del dispositivo de transmisión.
- 2.4. Monte la rueda dentada (Fig.43/7) en el asiento del eje del dispositivo de transmisión y mida y anote la distancia a (Fig.44/Y).
- 2.5. Coloque la bomba de alimentación de combustible con el cono de asiento del eje del dispositivo de transmisión orientado hacia arriba.
- 2.6. Monte la tapa (19) y caliente la rueda dentada (7) aproximadamente a 30°C - 40°C por encima de la temperatura del cono de asiento del eje del dispositivo de transmisión y colóquela sobre éste.

ATENCIÓN: ¡No caliente la rueda dentada mediante un baño de aceite o a través del contacto directo con una llama! ¡No aplique presión alguna a la rueda dentada cuando la coloque sobre el cono de asiento del eje del dispositivo de transmisión! ¡El propio peso de la rueda dentada garantiza que se alcanza la distancia de deslizamiento necesaria!

- 2.7. Deje que se enfríe la rueda dentada a temperatura ambiente y compruebe la dimensión a.
Debe ser 0,14 - 0,18 mm (distancia de deslizamiento) menor que a bajas temperaturas. Si es necesario, desmonte la rueda dentada y repita el procedimiento de montaje.
- 2.8. Aplique pasta Molykote "G-Rapid Plus" en la rosca y en la superficie de contacto del tornillo hexagonal (21) y en la arandela (20). Apriete el tornillo hexagonal con un par de apriete de:

$$M = 60 \text{ Nm}$$

- 2.9. Introduzca una nueva junta de cierre en el eje (Fig.44/15).
- 2.10. Introduzca el eje del dispositivo de transmisión (10) en la carcasa del dispositivo de transmisión (5) y monte la tapa (19) en la carcasa del dispositivo de transmisión (5). Presione hacia abajo la junta de cierre del eje (15).
- 2.11. Ajuste la carcasa del dispositivo de transmisión verticalmente e introduzca la chaveta semifija (Fig.43/11).
- 2.12. Caliente la mitad del acoplamiento (9) a 100°C . Introdúzcala en el muñón del eje del dispositivo de transmisión (10) y deje que se enfríe.
- 2.13. Limpie la superficie de contacto de la carcasa del dispositivo de transmisión (5) y el plato del soporte de la bomba y aplique el componente sellador "Dirco-Grey".
- 2.14. Coloque con cuidado la carcasa del dispositivo de transmisión junto con la rueda dentada en el plato del soporte de

la bomba (los perfiles de los dientes de las ruedas dentadas del dispositivo de transmisión deben deslizarse entre ellas) y móntela.

- 2.15. Introduzca la chaveta semifija (12), caliente la mitad del acoplamiento (8) hasta 100 °C e introdúzcala en el muñón del eje de la bomba de alimentación de combustible (2). Se debe tener en cuenta la dimensión "w".

$$w = u - 18,5 = \sim 40 \text{ mm}$$

Dimensiones w y u: véase Fig. 43/X.

- 2.16. Monte la bomba de alimentación de combustible (2) junto con el elemento de caucho (4) y conecte las líneas de circulación de combustible.
- 2.17. Retire la tapa junto con las juntas de cierre y compruebe la holgura de los dientes de la rueda dentada (7) con la rueda dentada del dispositivo de transmisión de la bomba mediante una galga de espesor.
 Valor deseado 0,20 - 0,45 mm
- 2.18. Compruebe la junta de cierre y monte la tapa.
- 2.19. Compruebe el suministro de aceite de lubricación de las ruedas dentadas.
- 2.20. Abra los grifos de cierre, cierre la válvula de bolas, llene el sistema de circulación de combustible de la bomba de espera y sangre el sistema.

2. Se debe llevar a cabo la limpieza del filtro doble del combustible.
 El procedimiento para realizar tal acción, se ha detallado anteriormente en el punto 1 de la avería "Excesiva presión diferencial del filtro al arrancar/preengrase"

3. Realizar mantenimiento del órgano inyector: bomba y válvula de inyección.

3.1. Bomba de Inyección

Información: Cuando repare una bomba, asegúrese de que las distintas piezas de una bomba, es decir, la camisa de control permanece ubicada en la carcasa correspondiente.

La renovación o la sustitución de las piezas influirá considerablemente en la distribución de combustible. Por lo tanto, la bomba debe ajustar en la plataforma de pruebas.

El émbolo de la bomba (Fig. 45/6) y el tambor del émbolo (5) sólo se pueden sustituir juntos.

Con el fin de mantener al mínimo los costes de reparación, cualquier elemento de la bomba que se deba volver a acondicionar sólo se debe enviar al completo, junto con la camisa de control y se debe evitar la posibilidad de que se produzca alguna confusión. Las superficies envueltas se deben mantener protegidas y no se deben tocar con los dedos.

El muelle de presión (17) está sujeto a un mayor desgaste a través de la corrosión debido a la falta de precalentamiento y se debe comprobar cada 7.500 horas de funcionamiento.

Todos los muelles se deben sustituir si existe un elevado grado de corrosión.

En caso de un descenso significativo en el rendimiento del cilindro, compruebe la bomba de inyección y, si fuera necesario, cambie la válvula de mantenimiento de presión (28) o los elementos de la bomba (émbolo de la bomba con el tambor del émbolo).

- Secuencia de trabajo

I. Desmontaje

- A. Limpie el exterior de la bomba de inyección.
- B. Retire los tornillos de impacto (22) con los anillos de sellado (23). Compruébelos y sustitúyalos si fuera necesario.

PRECAUCIÓN: La tensión del muelle del muelle de presión (17) actúa contra la varilla de guía (10)

- C. Coloque la bomba de inyección en un dispositivo de husillo (es decir, un torno de banco) y aplique la presión axial.
- D.
- E. Retire los tornillos de cabeza redonda con ranura (12) y abra lentamente el dispositivo del husillo, con lo que se descarga el muelle de presión (17).
- F. Retire la brida intermedia (Fig. 45/11) con las juntas tóricas (13, 15) y con el anillo rascador (14).
- G. Extraiga la varilla de guía (10) con el plato del resorte (16), el resorte de presión (17) y el émbolo de la bomba (6).
- H. Compruebe el grado de corrosión del resorte de presión.

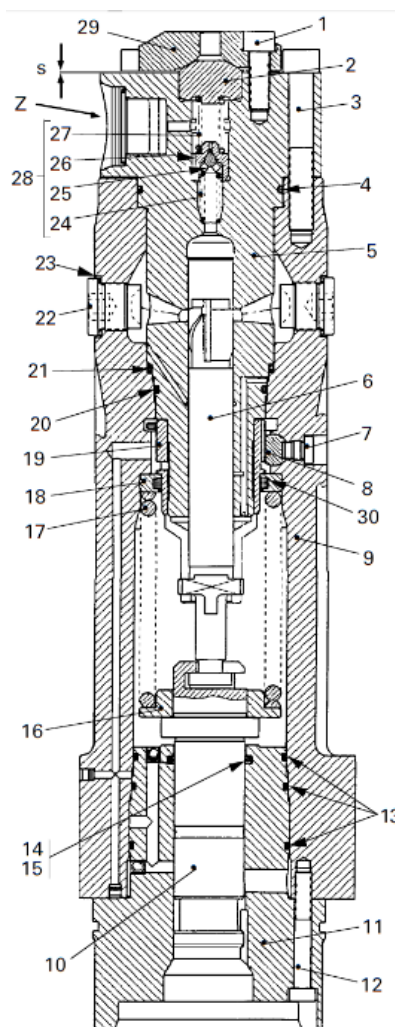


Fig.45: Bomba de inyección

- I. Extraiga la camisa de control (19) con el plato de resorte (18), así como el anillo rascador (30) y compruebe los dientes de la camisa de control.
- J. Retire el tornillo (7) y extraiga la varilla de control (8). Compruebe los dientes de la varilla de control.
- K. Monte la carcasa de la bomba de inyección (9) con la brida (29) hacia arriba.
- L. Retire la brida (29) con la pieza de empuje (2) y la válvula de mantenimiento de presión (28).
- M. Afloje los tornillos de cabeza redonda con ranura (3) de forma alterna y retírelos.
- N. Fuerce el tanque del émbolo (5) para sacarlo de la carcasa de la bomba de inyección (9) con una pieza de madera redonda adecuada.
- O. Limpie todas las piezas con gasóleo y con un cepillo duro. Aplique a las piezas aire comprimido y compruebe su estado.

Observación: Cuando lleve a cabo la comprobación visual, es conveniente que preste especial atención a los siguientes fenómenos de desgaste:

Émbolo: Muecas en la superficie de rodadura, desgaste de la hélice de control (por cavitación o erosión). La aparición de un émbolo negro o de puntos negros indican la presencia de agua en el combustible.

Tanque: Muecas en la superficie de rodadura; superficie de sellado dañada.

Tornillos de impacto: Cavitación en la perforación interior, principalmente del cojinete de las patas de soporte.

Pasador de guía: Muecas en la superficie de rodadura, desgaste del asiento del émbolo.

Válvula de mantenimiento de presión: Superficies de sellado dañadas, anillos de presión desgastada (24, 27) y asiento de la válvula abollado (asiento de la válvula (25) con el cuerpo de la válvula (26)).

- P. Sustituya todas las juntas tóricas (4, 13, 15, 20), los anillos de sellado (21, 23) y los anillos rascadores (14, 30).

Observación: Todas las juntas tóricas, el anillo de sellado (21) y el anillo rascador (14) deben introducirse en las ranuras usando grasa caliente para cojinetes y no se deben girar. No tire de ellos acercándolos a los bordes afilados de las piezas.

II. Montaje

- A. El montaje se efectúa siguiendo el proceso inverso al seguido en el proceso de desmontaje.

Atención: ¡Está totalmente prohibido llevar a cabo el ajuste de las superficies de sellado a bordo, tal y como ocurre con las piezas de la bomba de inyección!

Cuando lleve a cabo el montaje, preste atención a que la ranura de la varilla de control (Fig. 45/8) esté alineada con el pasador recto ranurado de la camisa de control (19).

- B. Introduzca el anillo de sellado (Fig. 46/21) con los bordes y la espiral metálica orientadas hacia arriba (Fig. 46).

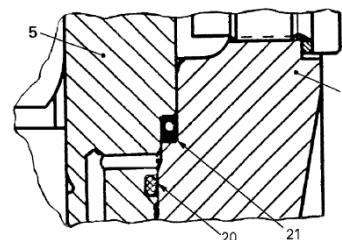


Fig.46: Bomba de inyección II

- C. Lubrique los siguientes tornillos y apriételos en cruz, parcialmente de forma secuencial, con el par de apriete correspondiente:
 Tornillo de cabeza redonda con ranura (Fig. 45/3)
 $M = 10$ y 90 ± 3 Nm
 Tornillo de cabeza redonda con ranura (12) **$M = 22 \pm 2$ Nm**
- D. Lubrique los tornillos de cabeza redonda con ranura (1) y monte la brida (29) en paralelo al elemento (5).
 El espacio circunferencial debería ser de 3 mm.
- E. Apriete los tornillos de cabeza redonda con ranura (1) en cruz con un par de apriete de:
 $M = 53 \pm 2$ Nm.
- F. Cubra la rosca y las superficies de contacto de los tornillos de impacto (Fig. 45/22) con Loctite y apriete los tornillos de impacto con un par de apriete de:
 $M = 85 \pm 5$ Nm
- G. Apriete el tornillo (7) con un par de apriete de:
 $M = 14 \pm 1$ Nm
- H. Compruebe que la varilla de control se desplaza libremente.

3.2. Válvula de inyección

Por lo que hace al mantenimiento de la válvula de inyección, se ha comentado anteriormente en el punto 4 de la avería “Se oyen golpes al arrancar”

4. Llevar a cabo la limpieza del enfriador del aire alimentador.

6.10. Gas de escape turbio / el motor hace hollín

Causa posible

- Insuficiente presión de inyección del inyector
- Inyectores con incrustaciones de hollín
- Aguja del inyector atascada o inyector averiado
- Falta de aire
 1. Filtro de aspiración
 2. Refrigerador del aire de sobrealimentación sucio
 3. Turbocompresor sucio
 4. El motor marcha retardado excesivamente (excesivo combustible)
 5. Contrapresión del gas de escape excesiva ya que no existe un paso libre en el canal de escape
 6. Válvulas de fugas
 7. Combustión incompleta debido a una solicitud al motor insuficiente, especialmente con servicio de fuel oil pesado

Soluciones propuestas

1. Disminución de la carga de combustible
2. Llevar a cabo la reparación de las válvulas.

Observación: Antes de su instalación, los conos de asiento de las válvulas de admisión y de escape nuevos, reparados o usados, pero en perfecto estado.

Puede que sea necesario rectificar los conos de las válvulas en los siguientes casos:

- I. Después de periodos de funcionamiento prolongados.
 - II. En caso de que los resultados del análisis sean negativos, es decir, superficies de sellado dañadas, sopladuras, reflejos de contacto irregulares del cono/asiento de la válvula.
- La secuencia de trabajo para este trabajo, se ha detallado anteriormente en el punto 7 de la avería “motor no arranca”
3. En el caso de que se trate de un buque que usa combustible pesado, debe pasar a combustible destilado siguiendo las recomendaciones del fabricante. Pero en el caso del Buque Esperanza del Mar, como ya se está operando con combustible destilado, no se realiza ningún cambio en este sentido.

7. Otras averías en la sala de máquina del Buque

7.1. Motor auxiliar nº 2 no arranca

Contexto

Se intenta arrancar el MA2 desde la sala de control y este al principio responde pero no se mantiene encendido. De manera que arranca y dejar de funcionar al instante.

Se vuelve a intentar arrancar 2 veces más, para poder descartar que haya sido algo puntual que haya imposibilitado el arranque en un principio, pero que posteriormente lo deje arrancar sin problema.

- Se tiene la depuradora de gasoil para la recirculación, averiada.

Posibles causas

- A. El tanque diario de Er. se encuentra vacío
- B. La bomba de combustible está averiada
- C. El combustible está sucio

Solución

- A. El tanque diario de Er. se encuentra con combustible y operativo. **Así que esta opción queda descartada**
- B. Se comprueba el giro de la bomba.
 - a. Se mira que no esté girando en vacío
 - i. Si fuera así, la temperatura de la bomba sería, dependiendo del momento cuando se compruebe, se encontraría muy caliente.
 - ii. Si la temperatura es la adecuada, este problema queda descartado
- C. La suciedad en el combustible es una opción que desde el principio se ve con más fuerza porque ya había pasado que el combustible suministrado se encontraba mucho más sucio de lo normal.
Además, esta posibilidad queda reforzada por la inoperatividad de la depuradora para la recirculación.

- a. Se desmonta el prefiltro del combustible del MA2, ya que si estuviera sucio, este estaría muy sucio u obstruido. Obteniendo el siguiente resultado: imagen 84.



Img.84: Prefiltro de combustible del MA2, totalmente obstruido por residuos



Img.83: Extracción del prefiltro de combustible MA2

Se puede ver el prefiltro totalmente obstruido, de manera que queda claro, que el problema está en la suciedad del combustible.

- Para solucionar este problema se siguen los siguientes pasos:
 - I. Se limpia el prefiltro, ya que así ya se debería poder volver a arrancar el MA2.
 - II. Para evitar que este problema se nos repita ni nos agrave la situación:
 - A. Se centra esfuerzos en reparar la depuradora destinada a la recirculación de combustible.
 - B. Como medida preventiva se decide parar el MA1 y posteriormente el MA3, para ver el estado de su prefiltro y limpiarlo en caso de que sea posible.
 - El MA1 se encuentra menos sucio que el MA2, pero aun así, ligeramente obstruido.
 - El MA3 se encuentra limpio.

Después de la limpieza de los 3 prefiltros, se busca relación entre el MA1 y el MA2, encontrando que los dos motores consumen combustible del tanque de Br. Así que el tanque sucio es el de Br.

7.2. Depuradora nº2 de gasoil no entra en funcionamiento

Rondas de supervisión:

- **Cada 24 horas**, a bordo del buque Esperanza Del Mar, se lleva a cabo la sonda de todos los tanques (lodos, aguas aceitosas, aceite sucio, MMPP, Caldera...).
- **Cada 4 horas**: Como máximo cada 4 horas, se hace una ronda de supervisión por la sala de máquinas, en busca de anomalías como son: fugas de cualquier tipo o cualquier sistema que no funcione como debe.

Así que, durante una de las rondas que se hacen como máximo cada 4 horas, se observa que la depuradora nº2 o depuradora de recirculación, no para de tirar hacia el tanque de lodos.

La extracción de la suciedad hacia el tanque de lodos forma parte del funcionamiento de la depuradora, como ya hemos comentado anteriormente. Pero el proceso correcto, exige un “disparo” cada 4 horas de trabajo y es relativamente breve.

Así que se procede a la parada de la misma para poder ver que no sea una anomalía que haya producido mucho daño y para eso:

- Se procede a la sonda del tanque de lodos y se compara con la sonda del día anterior.
 - I. El resultado confirma que se ha estado lanzando fluido al tanque de lodos durante varias horas.

Lo que falta es saber de qué fluido estamos hablando porque, por avería de la depuradora, puede ser:

- **Combustible**
- **Agua**

Así que se aplica un compuesto químico alrededor del medidor de nivel y el resultado es que se ha estado lanzando combustible.

Así que, al ser un problema de que la válvula de expulsión hacia el tanque de lodos no cierra, el problema estará en la electroválvula. De manera que se lleva a cabo la sustitución de la que se tiene en el momento por una nueva. Solucionando así el problema.



Img.85: Depuradora de G.O.,
remarcada la electroválvula

7.3. Olor a humo en la zona de MMPP

Contexto

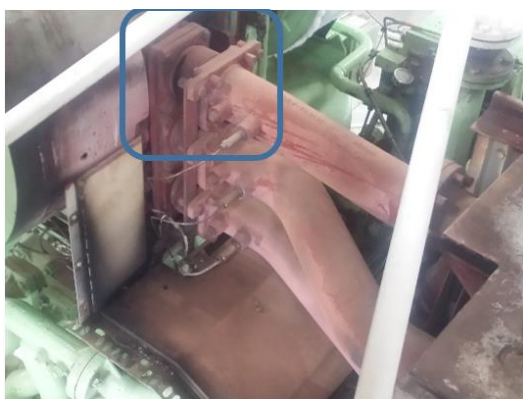
Durante un día de maniobra en la que se exigía la navegación a toda máquina, baja el personal de máquinas a la zona de MMPP y nota un olor a humo que no debería existir.

De manera que se divide el equipo en busca de este olor y los posibles sitios por donde estar la fuga. Primeramente, lo único que se sabe es que son gases de escape, así que se busca en los conductos que llevan este gas tanto hacia el turbocompresor como el que sale desde este hacia el exterior.

Después de la búsqueda se encuentra la fuga en la tubuladora de gas de escape del motor de Babor. Así que se procede a la retirada de las protecciones que tapan esta. En la imagen 86 podemos ver remarcado las tapas que retiramos.



Img.86: MP Br., remarcando la tapa bajo la que está la tubuladora de gases de escape defectuosa



Img.87: Tubuladora agrietada, con hollín en la grieta

Al quitar las tapas, se puede ver claramente la expansión agrietada, de manera que lo que procede es la retirada de esta y su sustitución por una nueva.



Img.88: Proceso de extracción de la tubuladora rota.

A continuació se poden observar en les imatges 89 i 90 les expansions, vella i nova respectivament.

I finalment en la imatge 91 tenim la situació final, en la que ja s'ha substituït la expansió vella per la nova.



Img.89: Tubuladora averiada



Img.90: Tubuladora nueva



Img.91: Nueva tubuladora de gas de escape montada al MP de BR. y lista para el funcionamiento.

8. Servicio de emergencia

8.1. Falla del turbocompresor

En los buques, deberá seguir trabajando el motor cargado a pesar de la falla del turbocompresor, bajo determinadas circunstancias, como un motor autoaspirante pero con potencia reducida convenientemente.

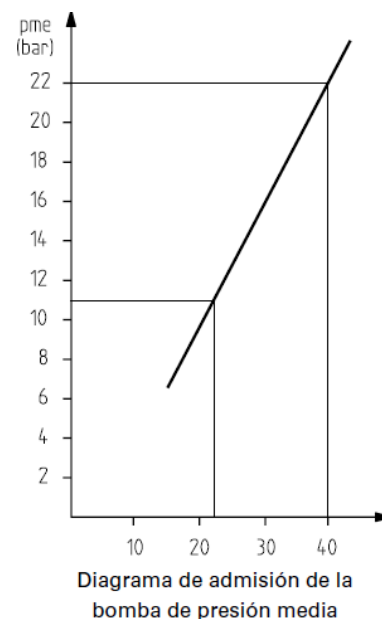
Ya que los tiempos de distribución del motor en general están adaptados a la potencia total, expulsa el motor con la falla del turbocompresor (y también en el margen de carga parcial inferior) una parte de los gases de escape en la tubería del aire de sobrealimentación y los aspira a continuación. La proporción de gases residuales alta y la falta de presión de sobrealimentación permiten trabajar al motor solamente con una presión media (PME), para proteger el motor contra sobrecargas térmicas. De acuerdo con la presión media recomendada a continuación, se reducirá el llenado de la bomba de inyección.

Determinación del llenado específico del motor

Entre el llenado de la bomba (f) y la presión media efectiva (PME) existe una dependencia prácticamente lineal.

Para la determinación del llenado permitido puede prepararse un diagrama de llenado - presión media, como lo muestra el ejemplo siguiente, con los valores tomados del llenado y PME del certificado de aceptación.

Convenientes son al respecto los correspondientes valores para potencias del 100 % y 50 %. La curva característica que transcurre por ambas coordenadas proporciona para cada valor PME el correspondiente valor de llenado.



Ejemplo:

Potencia: $P_e = 100\%$, $f = 40$ mm, $p_{me} = 22$ bar

Potencia: $P_e = 50\%$, $f = 22$ mm, $p_{me} = 11$ bar

8.2. Servicio de emergencia con motor principal

- Parar el motor
- Desmontar el filtro del aire del amortiguador de ruido.
- Parar el turbocompresor (bloquear el rotor), véase documentación del fabricante.
- Interrumpir la alimentación del aceite lubricante del turbocompresor, para ello:
 - I. Obturar el lado de entrada de la tubería de alimentación en el lado roscado con tapas de cierre.
 - II. Cerrar la tubería libre y sujetar

*La alimentación de agua de refrigeración deberá detenerse solamente cuando aparezca una gran fuga en la carcasa de la turbina en el lado del gas que puede hacer peligrar el servicio del motor.

- Poner el motor en marcha con potencia reducida. Con instalaciones de fuel oil pesado, se recomienda cambiar a combustible destilado para servicio de emergencia.

8.3. Vigilancia del motor durante la falla del turbocompresor

Cambiar el llenado, por pasos, hasta que la temperatura del gas de escape detrás de la turbina sea 500 °C

Observar detenidamente las temperaturas del gas de escape durante el servicio de emergencia, y muy especialmente con la desconexión de la alarma del gas de escape correspondiente.

8.4. Temperatura del aire de sobrealimentación en el caso de fallo del turbomotor

* En los refrigeradores del aire de carga de dos etapas se aumentará la temperatura del aire de alimentación para carga parcial bloqueando el circuito de temperatura baja del refrigerador de aire de carga que resulta, controlado por la presión de aire de sobrealimentación.

Debido a la falla del turbocompresor hay que intentar una temperatura del aire de sobrealimentación baja, sin embargo no inferior a 30 °C.

Con refrigeradores de aire de carga de dos etapas, deberá abrirse manualmente el circuito de temperatura baja.

8.5. Terminación del servicio de emergencia

Después del servicio de emergencia con fuel oil pesado deberán desmontarse, por lo menos, dos culatas, por razones de seguridad, para enjuiciar si es necesario un repaso general de las válvulas.

8.6. Servicio con fallo

Aquí se entiende en general el servicio o funcionamiento del motor con los cilindros sometidos a cargas diferentes.

Con ello aparecen cargas adicionales que serán tanto mayores cuanto la diferencia de presión de un cilindro averiado tenga que ser compensado por los cilindros restantes.

ATENCIÓN: Deben evitarse en lo posible las operaciones en el motor destinadas a la reducción de potencia de los cilindros individuales. Por esto, los fallos reconocidos de los cilindros individuales deberán solucionarse lo más rápidamente posible.

En el caso que sea inevitable el servicio con fallo, es decir, no pueda solucionarse con los medios de abord, se diferenciará, dependiendo de la gravedad de la perturbación, según las diferentes condiciones extremas:

8.6.1. Fallo del encendido

Aquí se entenderá el servicio con una inyección interrumpida en uno cualquiera de los cilindros. Sin embargo, existe la presión de compresión del cilindro afectado.

Al tener el motor en servicio se considerará lo siguiente:

- La necesidad de reducciones de la potencia o de las revoluciones se deducirá a partir del cálculo de las vibraciones de torsión
- Incluso cuando no sea necesaria ninguna reducción referida a las vibraciones por torsión, se recomendará con un acoplamiento elástico controlarlo contra un calentamiento excesivo.
- Debe evitarse que con variaciones permanentes en la carga del motor en ninguno de los momentos de servicio aparezca un “bombeado” del turbocompresor.
- Si apareciese una vibración superior de la varilla reguladora, se recomienda reducir las vibraciones desplazando el punto de servicio.

8.6.2. Fallo total

En el caso en que el motor este soportado elásticamente y deba desmontarse completo un grupo propulsor, entonces es necesario fijar el motor siguiendo los siguientes pasos que comentamos en el punto “Medidas con respecto al servicio de emergencia”

Las posibles potencias y revoluciones aplicables a un motor averiado dependen de la correspondiente instalación y deberán ensayarse con pequeños aumentos de las revoluciones y de potencia.

- Deben respetarse siempre los siguientes puntos límite y no deberán superarse nunca:
 - I. Las revoluciones del motor no deberán superar el 80% de las revoluciones nominales.
Este límite es de aplicación tanto para motores soportados rígida o elásticamente.
 - II. Las temperaturas de los gases de escape delante del turbocompresor no deberán superar las temperaturas indicadas en su respectivo certificado de ensayo de recepción.
 - III. Debe evitarse un “bombeado” del turbocompresor.
 - IV. Si aparecen ruidos de engranajes y/o fuertes variaciones de las revoluciones, entonces se modificará la potencia o las revoluciones.
 - V. La temperatura de la superficie del acoplamiento no debe superar los 60° C.
 - VI. Los pernos de anclaje del dispositivo de fijación, con apoyo elástico, se controlarán permanente respecto de su firme asiento durante el servicio de emergencia.

La posible potencia del motor sujeto a estas condiciones queda aproximadamente en un **35% de la potencia nominal**.

8.7. Medidas con respecto al servicio de emergencia

En el caso de motores con rodamientos elásticos con el accionamiento averiado, antes de la puesta en marcha se deben tomar las siguientes medidas para el servicio de emergencia.

- I. Inmovilización del rodamiento elástico.
 - Desmonte las tuercas y las arandelas (Fig. 47/20, 21 y 22).
 - Suelte los pasadores roscados (23).
 - Desatornille el anillo inmovilizador (24) y llévelo hasta el tope con el tubo (25). Para ello existe un orificio auxiliar Ø 10 (19) en el anillo inmovilizador para la herramienta.

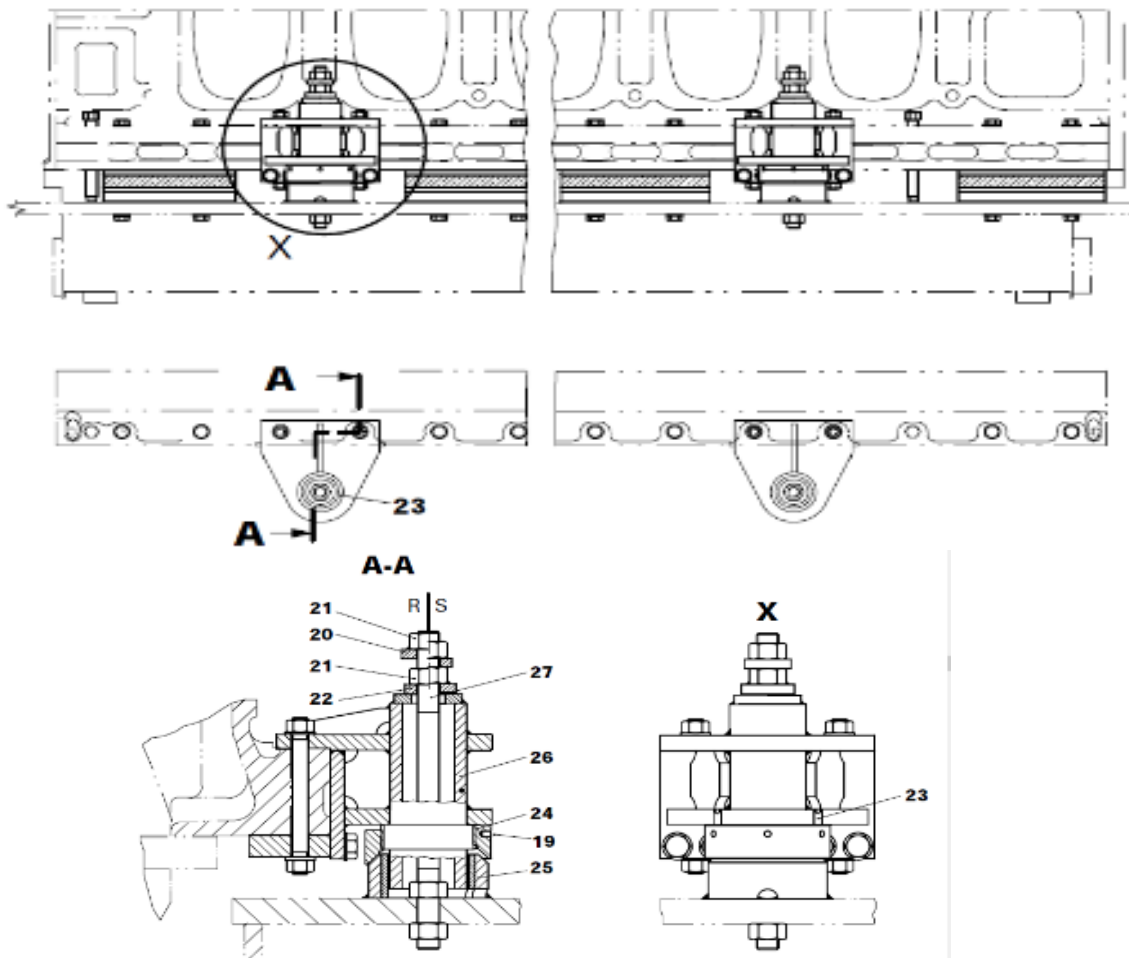


Fig.47: Accionamiento del motor con rodamientos elásticos

Información:

R = representación en estado de inmovilización (avería) (Fig.47/A-A)

S = representación durante el servicio normal (Fig.47/A-A)

- Engrase ligeramente el perno de base (27) con aceite. Coloque en el tope lateral (26) la arandela (22) y apriétela junto con la tuerca (21) con un par de apriete de

$$M = 1.250 \text{ Nm}$$

- II. Desmonte la culata
- III. Desmonte las varillas de tope de las válvulas de admisión y escape.
- IV. Levante el balancín de las válvulas de admisión y escape.
- V.

- VI. Monte el dispositivo de fijación del balancín (W1) en el caballete y en el balancín (Fig. 48/1) del accionamiento de la bomba de inyección.

- VII. Atornille el tornillo de cabeza hexagonal (2) hasta que el balancín se levante para dejar paso libre S a la leva de inyección.

$$S = 1,95 \text{ mm}$$

Bloquee el tornillo de cabeza hexagonal (2) tras la elevación con la tuerca hexagonal (3).

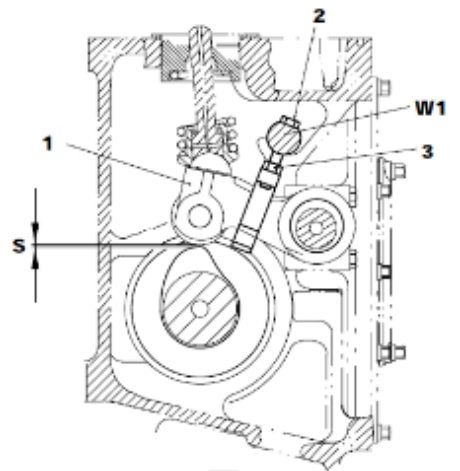


Fig.48: Dispositivo de fijación del balancín

- VIII. Tire del pistón.
 - Desmonte el soporte del casquillo del cilindro.
- IX. Desmonte la tapa del cojinete de la biela y el cojinete de la biela, así como la biela.
 - Deposite la biela sobre una base adecuada.
- X. Desmonte un contrapeso del accionamiento averiado.

Observación: El motor MAK 9M25 es un tiene 9 cilindros, de manera que los cilindros 3 y 7 no están equipados con contrapesos. En ese caso no es necesario el desmontaje.

XI. Hermetice el orificio del aceite del pivote de la biela del accionamiento averiado con un perno de cierre (Fig. 3/10) y arandelas (11). Preste atención a que los anillos en O estén correctamente colocados (12).

- Apriete la tuerca almenada (13) con la mano y asegúrela con una chaveta (14).

XII. Monte la culata.

XIII. Monte la tapa del compartimento de la manivela por el lado de mando y de los gases de escape.

XIV. Ponga en marcha el motor en el servicio de emergencia. Revise continuamente la correcta colocación del perno de base (Fig. 1/27) durante el servicio de emergencia. Apriételo de nuevo en caso necesario.

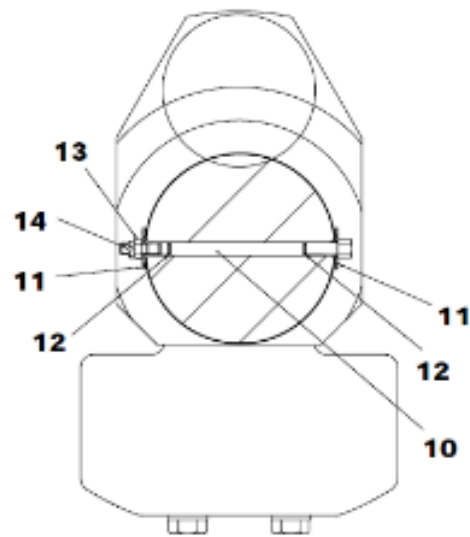


Fig.49: Orificio del pivote de la biela del accionamiento hermetizado

XV. Repare el motor averiado

- Desmonte la culata, el perno de cierre en el gorrón elevador (Fig. 49/10), el dispositivo de fijación del balancín del accionamiento de la bomba de inyección (Fig. 48/1).
- Retirada de la inmovilización del rodamiento elástico.
- Sustituya / repare las piezas averiadas.
- Monte la biela, el cojinete de biela con la tapa, el pistón, el contrapeso, las varillas de tope de las válvulas de admisión y escape, así como la culata
- Monte la tapa del compartimento de la manivela por el lado de mando y de los gases de escape.
- Ponga en marcha el motor

9. Conclusiones

Una vez realizado este proyecto, se han llegado a varias conclusiones respecto a las averías en la sala de máquinas de manera general y, más específicamente, en los motores principales del buque.

La primera, es que la sala de máquinas, aun y ser el corazón del buque, sigue siendo, un ambiente totalmente dependiente del personal de máquinas. Debido a que muchas fugas, o anomalías, gran parte de la responsabilidad recae sobre el personal de guardia, a la hora de encontrarlas y actuar debidamente. Y si coincidiera con alguna reparación o algo que tuviera al personal de máquinas sin demasiado tiempo para hacer una ronda de seguridad minuciosa, podría acabar es catástrofe.

En la actualidad, el personal de máquinas deduce, por ejemplo, que se tiene una obstrucción o una fuga en alguna tubería, gracias a una serie de manómetros situados en diferentes puntos de la máquina, los cuales marcan excesiva o escasa presión, respectivamente. Pero, posteriormente se tiene que lidiar con la parte más compleja del proceso de detección de fugas, que es la localización del punto exacto donde se tiene el problema y actuar adecuadamente en cada caso.

Aun así, aunque se localice la avería y se sepa dónde está el problema, para poder realizar cualquier tipo de afloje o apriete en la sala de máquinas, se tiene que saber perfectamente todos los elementos que entran en juego al llevar a cabo tal modificación. Esto es así porque todos los sistemas consisten en una red de elementos combinados, que todos juntos hacen el sistema y un simple apriete de más, puede ocasionar consecuencias devastadoras.

Por otro lado, la mayor conclusión a la que se ha llegado es respecto a los mantenimientos preventivos. Que son, en gran parte, el motivo por el que la máquina se mantendrá en funcionamiento durante una vida útil más larga.

Evidentemente, la primera opinión sobre el tiempo que tiene que pasar entre mantenimientos, la tiene el fabricante. Aunque dependiendo de cada situación, se pueden aumentar o bajar las horas que hay entre los diferentes mantenimientos.

Esto es así porque, por ejemplo, la depuradora, el fabricante nos recomienda que la limpiemos cada 4 o 6 meses, dependiendo del combustible empleado y de las condiciones de cada buque. Pero si nosotros quisiéramos llevar a cabo la limpieza de ésta cada 30 días, aunque parezca que es mejor, es muy malo y disminuye la vida útil de la depuradora. Debido a que el proceso de apertura y desmontaje de la depuradora, requiere una serie de golpes y forcejeo. Así que si la sometemos a estos esfuerzos cada mes y ella está dimensionada para que se le haga el mantenimiento cada 4 meses por ejemplo, la estaremos perjudicando.

Desde mi experiencia como tripulante del buque Esperanza del Mar, y miembro del equipo de máquinas. El motor MAK 9m 25, es un motor que cada 25 días le corresponden una serie de mantenimientos preventivos, y se han cumplido de manera estricta.

Gracias a este hecho, las averías que se han tenido que tratar, excepto la rotura de la tubuladora de gases de escape que se ha tratado anteriormente, los únicos problemas que ha presentado, han sido por culpa del combustible.

La suciedad del combustible, es un problema frecuente a bordo del buque Esperanza del Mar, por lo que se localiza la falta de un elemento como es la depuradora. Mi propuesta es que se establezca la necesidad de una depuradora o que se adecue la instalación de carga de combustible, para que la carga pase por la depuradora antes de cargar en los tanques.

Esta propuesta, tiene un inconveniente evidente: El tiempo.

Si se tiene una instalación donde el manifold no descargue directamente en el tanque de almacenamiento, sino en un tanque intermedio, de donde aspiraría la depuradora y de aquí pasaríamos a cargar en los tanques correspondientes.

Se necesitaría más tiempo a la hora de cargar combustible, pero se aumenta la vida útil de la maquinaria tanto auxiliar como principal. Esto es así, porque no solo los MMPP sufren con la suciedad del combustible, sino los MMAA también.

Se ha comentado una avería en el MA2, que intentaba arrancar, pero al llegar a sus 1500 Rpm, directamente se ahogaba y caía por sobre velocidad. Así repetidas veces, hasta que se decidió ver el prefiltro de combustible y se encontró totalmente obstruido, que limpiándolo y volviendo a intentar arrancar, lo hizo sin problema alguno.

Finalmente, se echa en falta, en el caso de la máquina del buque Esperanza del mar, tecnología que nos pueda informar de anormalidades o que, como mínimo, las zonas de difícil acceso, que haya alguna manera de poder saber que todo está correcto sin que recaiga la totalidad de la responsabilidad sobre el oficial correspondiente, porque aún y ser todos los oficiales aptos y buenos profesionales, se puede dar el caso de que en una avería tengamos anormalidades en dos puntos de la instalación y el oficial al diagnosticar el primero, lleva a cabo su reparación, no teniendo en cuenta de que puede haber alguna otra anormalidad y se puede perder mucho tiempo en este tipo de comprobaciones. Cuando el tiempo es vital en el caso de un buque hospital.

10. Bibliografía

- Libros utilizados
 - David González Calleja. (2015). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel. Madrid: Ediciones paraninfo S.A
 - Don Seddon. (2006). El motor diésel sin problemas. Noray.
 - Dante Giacosa. Motores endotérmicos 3ªEdición. Dossat S.A.
 - Andrew Simpson (2007). Manual del motor diésel. Tutor.
 - Engineer's handbook MAK. Service document of Caterpillar motoren GmbH & Co. KG. Edition: 17.08.2001
- Manuales consultados
 - Caterpillar-Mak. Instrucciones de servicio del motor TYP M25. N° fabrica del motor: 42 393
 - Rolls Royce. Estabilizador de aleta plegable serie Acuario de Brown Brothers para buques. Manual de funcionamiento y mantenimiento. R-017141. Edición 01
 - Reintjes. Instrucciones de servicio WAF 4545. Reductor n°. 63477-63478
 - Bollfilter protection system. Tipo 6.61. Instrucciones de servicio para el filtro de limpieza en retroceso
 - Westfalia. Manual de instrucciones. Westfalia Separator AG. n° 21469005-020
- Otros:
 - *New marine power systems MAK- CATERPILLAR* :
http://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/marine-power-systems/commercial-propulsion-engines/1000001661.html
 - *Planos de todas las instalaciones del buque.*
 - *Caterpillar Marine Engine Manufacturing Kiel* ----
https://www.youtube.com/watch?v=7OTT6_UnA08 &
<https://www.youtube.com/watch?v=KmBsUTbyPy8>

Índice de abreviaturas

GO: Gasoil

AT: Alta temperatura

BT: Baja temperatura

PMS: Punto muerto superior

PMI: Punto muerto inferior

°C: Grados centígrados

HFO: Fuel oil

PPM: partes por millón

PWR: Reactor de agua a presión (Pressurized water reactor)

ECU: Unidad de control del motor (Engine control unit)

SV: Válvulas laterales (Side valves)

OHV: válvulas en culata (Overhead valves)

OHC: Árbol de levas en culata (Overhead cam)

DOHC: Doble árbol de levas en cabeza (Double overhead valves)

P-V: Presión – Volumen

T-S: Temperatura – Entropía

C_p : Calor específico a presión constante

C_v : Calor específico a volumen constante

Ca: Caloría

CO_2 : Dióxido de Carbono

H_2O : Agua

CO: Monóxido de carbono

N_2 : Nitrógeno

MMPP: Motores principales

MMAA: Motores auxiliares

AS: Agua salada

AD: Agua dulce

ER.: Estribor

BR.: Babor

C.I.: Contraincendios

Q: calor

L: trabajo

PME: Presión media efectiva

η_{ε} : Rendimiento térmico

4T: 4 tiempos

2T: 2 tiempos

EPI's: Equipos de protección individual

ERA's: Equipo de respiración autónoma

Índice de imágenes

- Imagen 1: Extracción de combustible fósil
- Imagen 2: Combustible nuclear, almacenado temporalmente
- Imagen 3: Esquema buque con propulsión diésel-eléctrica
- Imagen 4: Admisión, motor 4T
- Imagen 5: Compresión, motor 4T
- Imagen 6: Combustión, motor 4T
- Imagen 7: Expansión, motor 4T
- Imagen 8: Expulsión, motor 4T
- Imagen 9: Admisión, motor 2T
- Imagen 10: Compresión, motor 2T
- Imagen 11: Combustión, motor 2T
- Imagen 12: Expulsión, motor 2T
- Imagen 13: Motor en línea
- Imagen 14: Bloque motor 6 cilindros en línea
- Imagen 15: Motor en “V”
- Imagen 16: Bloque motor en “V”
- Imagen 17: Cilindros opuestos
- Imagen 18: Sistema de distribución SV
- Imagen 19: Mecanismos de empuje sistema SV
- Imagen 20: Sistema de distribución OHV
- Imagen 21: Sistema OHC
- Imagen 22: Sistema OHC, mando directo y semibalancines
- Imagen 23: Sistema DOHC
- Imagen 24: Corte motor encendido por chispa eléctrica
- Imagen 25: Corte motor encendido por compresión
- Imagen 26: Motor con refrigeración por aire
- Imagen 27: Motor con refrigeración forzada
- Imagen 28: Esquema de refrigeración por termosifón
- Imagen 29: Esquema de refrigeración por bomba de agua

Imagen 30: Esquema de refrigeración de un motor

Imagen 31: Corte motor diésel

Imagen 32: Tiempos de funcionamiento, motor 4T

Imagen 33: Diagrama p-v, motor 4T

Imagen 34: Diagrama p-v, motor 2T

Imagen 35: Motor 4T, con esquemas p-v y T-S

Imagen 36: Ciclo teórico diésel con diagramas p-v y T-S

Imagen 37: Comparación diagrama real y teórico, motor 4T

Imagen 38: Buque Esperanza del Mar

Imagen 39: Buque Esperanza del mar, saliendo a su zona de operaciones habitual

Imagen 40: Buque Esperanza del Mar, durante su construcción

Imagen 41: Zona de operaciones habitual

Imagen 42: Puerta estanca y sus partes

Imagen 43: Plano de distribución de los elementos en la zona de MMPP

Imagen 44: Zona MMPP, de proa a popa

Imagen 45: Figura en 3D, del motor MAK 9M25

Imagen 46: Esquema de circulación AS

Imagen 47: Bombas AS, refrigeración circuito BT

Imagen 48: Panel de bombas y circuito AS/BT

Imagen 49: Esquema de refrigeración AD/BT

Imagen 50: Enfriador de placas AT

Imagen 51: Esquema de refrigeración AD/BT

Imagen 52: Esquema de funcionamiento del enfriador de placas

Imagen 53: Funcionamiento enfriador de placas en condiciones estándar

Imagen 54: Enfriador de placas desmontado para reparación

Imagen 55: Enfriador de placas con sedimentos que dificultan su funcionamiento óptimo

Imagen 56: Reductor montado al MP

Imagen 57: Reductor desmontado, para cambio de engranaje

Imagen 58: Representación del principio de funcionamiento del reductor

Imagen 59: Representación del Par o momento de fuerza

Imagen 60: Separador de sentinas I

Imagen 61: Separador de sentinas II

Imagen 62: Sistema de funcionamiento de los filtros automáticos

Imagen 63: Esquema fase de limpieza en retroceso

Imagen 64: Zona MMPP: filtros automáticos y enfriadores de placas

Imagen 65: Bomba modelo AZCUE

Imagen 66: Baldeo de cubierta

Imagen 67: Zona MMAA

Imagen 68: Zona de depuradoras

Imagen 69: Representación de la fuerza centrífuga

Imagen 70: Representación estructura externa de la depuradora

Imagen 71: Representación estructura interna de la depuradora

Imagen 72: Sistema de trasiego G.O.

Imagen 73: Planta sépticas con aspiración de vacío y descarga representadas

Imagen 74: Esquema de aguas grises y negras

Imagen 75: Tanques de agua caliente

Imagen 76: Hidróforos de agua caliente

Imagen 77: Instalación frigorífica

Imagen 78: Motor MAK 9M25

Imagen 79: Foto Motor MAK 9M25

Imagen 80: Esquema del sistema del aire de arranque

Imagen 81: Bomba de combustible MP

Imagen 82: Filtros de combustible MP

Imagen 83: Extracción del prefiltro de combustible del MA2

Imagen 84: Prefiltro de combustible de MA2, totalmente obstruido por los residuos

Imagen 85: Depuradora de G.O., remarcando la electroválvula

Imagen 86: MP Br., remarcando la tapa bajo la que se encuentra la tubuladora de gases de escape defectuosa.

Imagen 87: Tubuladora agrietada, con hollín en la grieta

Imagen 88: Proceso de extracción de la tubuladora rota

Imagen 89: Tubuladora agrietada

Imagen 90: Tubuladora nueva

Imagen 91: Nueva tubuladora de gases de escape montada en el MP de Br. y lista para el funcionamiento.

Imagen 92: Aleta estabilizadora desplegada

Imagen 93: Cavidad de la aleta estabilizadora en el casco

Imagen 94: Etapas de funcionamiento del motor de gas natural

Índice de figuras

Figura 1: Válvula de arranque

Figura 2: Aros del pistón

Figura 3: Ranura aros del pistón

Figura 4: Excentricidad radial del cono de la válvula máxima

Figura 5: Superficie de la válvula

Figura 6: Ángulo de sellado, cono válvula escape (fuel oil)

Figura 7: Ángulo de sellado, cono válvula escape (combustible destilado)

Figura 8: Ángulo de sellado, cono válvula admisión (combustible destilado y fuel oil)

Figura 9: Reflejo de contacto válvula

Figura 10: Dispositivo de fijación

Figura 11: Área de contacto de la válvula

Figura 12: Limpieza del inyector

Figura 13: Zona superior de la válvula de inyección

Figura 14: Inyector

Figura 15: Inyector, vista ascendente

Figura 16: Estructura y sistema del turbocompresor

Figura 17: Silenciador del turbocompresor

Figura 18: Junta situada entre la culata, la camisa interior del cilindro y carcasa del distribuidor de agua de refrigeración

Figura 19: Jefe de máquinas operando manualmente la válvula termostática

Figura 20: Cableado válvula termostática

Figura 21: Válvula termostática completa

Figura 22: Enfriador de placas desmontado para reparación

Figura 23: Mapa de temperaturas de la superficie del agua de mar

Figura 24: Esquema de control de bombas y termostáticas, remarcando la secuencia de trabajo de las bombas

Figura 25: Cono de la válvula

Figura 26: Montaje del cono de la válvula

Figura 27: Rotador de válvula

Figura 28: Sistema desde la bomba de inyección hasta el inyector

Figura 29: Extractor de inyectores de combustible

Figura 30: Inyector

Figura 31: Ilustración de la importancia de la chaveta

Figura 32: Amortiguador de vibraciones

Figura 33: Regulador MP

Figura 34: Bomba de inyección de combustible

Figura 35: Posicionamiento de cojinetes

Figura 36: Galga para cuadrantes en la rueda dentada del árbol de levas

Figura 37: Mecanismo para la extracción de la camisa interior del cilindro

Figura 38: Ajustado adecuado de las camisas interiores de los cilindros

Figura 39: Esquema filtros de combustible MP

Figura 40: Estructura interna filtros combustible MP

Figura 41: Soplado de los elementos filtrantes con pistola de limpieza

Figura 42: Bomba de alimentación de combustible y medio de acoplamiento

Figura 43: Bomba de alimentación de combustible y puntos de fijación

Figura 44: Puntos de fijación de la bomba de alimentación de combustible

Figura 45: Bomba de inyección I

Figura 46: Bomba de inyección II

Figura 47: Accionamiento del motor con rodamientos elásticos

Figura 48: Dispositivo de fijación del balancín

Figura 49: Orificio del pivote de la biela del accionamiento

Figura 50: Sustentación hidrodinámica y momento estabilizador

Figura 51: Partes de la zona interna de la aleta estabilizadora I

Figura 52: Partes de la zona interna de la aleta estabilizadora II

Figura 53: Conjunto de caja de cruz y caja de aleta

Figura 54: Conjunto de cruz I

Figura 55: Conjunto de cruz II

Figura 56: Conjunto de cruz III

Figura 57: Conjunto de eje y culata

Figura 58: Conjunto del mecanismo basculador de aleta

Figura 59: Conjunto del obturador principal

Figura 60: Conjunto del actuador de repliegue y despliegue I

Figura 61: Conjunto del actuador de repliegue y despliegue II

Figura 62: Sistema de lubricación I

Figura 63: Sistema de lubricación II